Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013



Teknik Las SMAW

2

UNTUK SMK / MAK KELAS X



HALAMAN FRANCIS

Penulis : **SUKAINI,TARKINA,FANDI**
Editor Materi : **DADANG / PUTUT**
Editor Bahasa :
Ilustrasi Sampul :
Desain & Ilustrasi Buku : **PPPPTK BOE MALANG**

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com



DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Teknik Las SMAW (Teknik Pengelasan Kapal), Edisi Pertama 2013
Kementerian Pendidikan & Kebudayaan
Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, th. 2013: Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Keahlian Teknologi dan Rekayasa, Teknik Las SMAW

Penerapan kurikulum 2013 megacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Buku teks ″Teknik Las SMAW″ ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran ″ Sistem Operasi ″ ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan scientifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks siswa untuk Mata Pelajaran Teknik Las SMAW kelas X/Semester 2 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013
Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

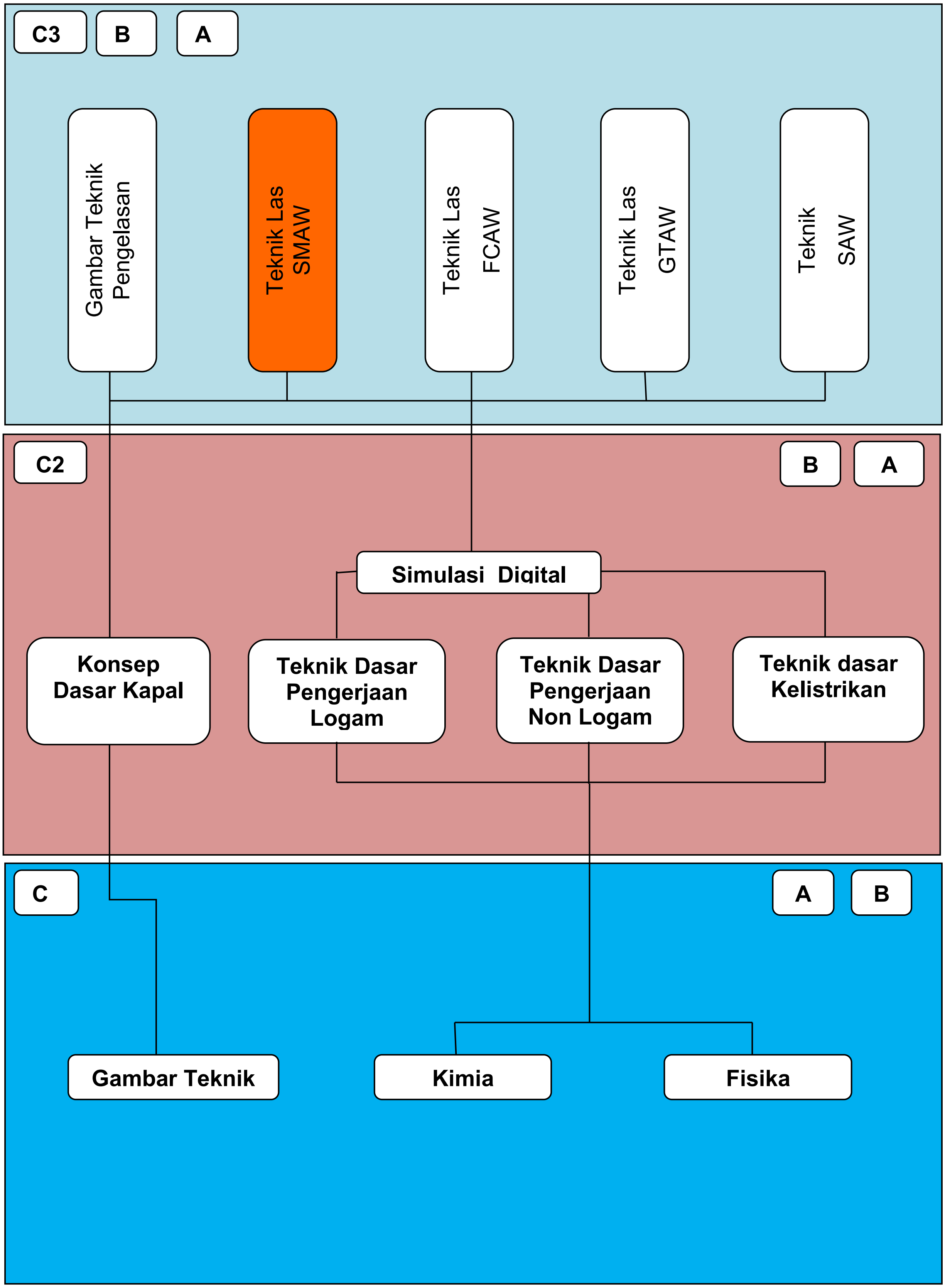
Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA



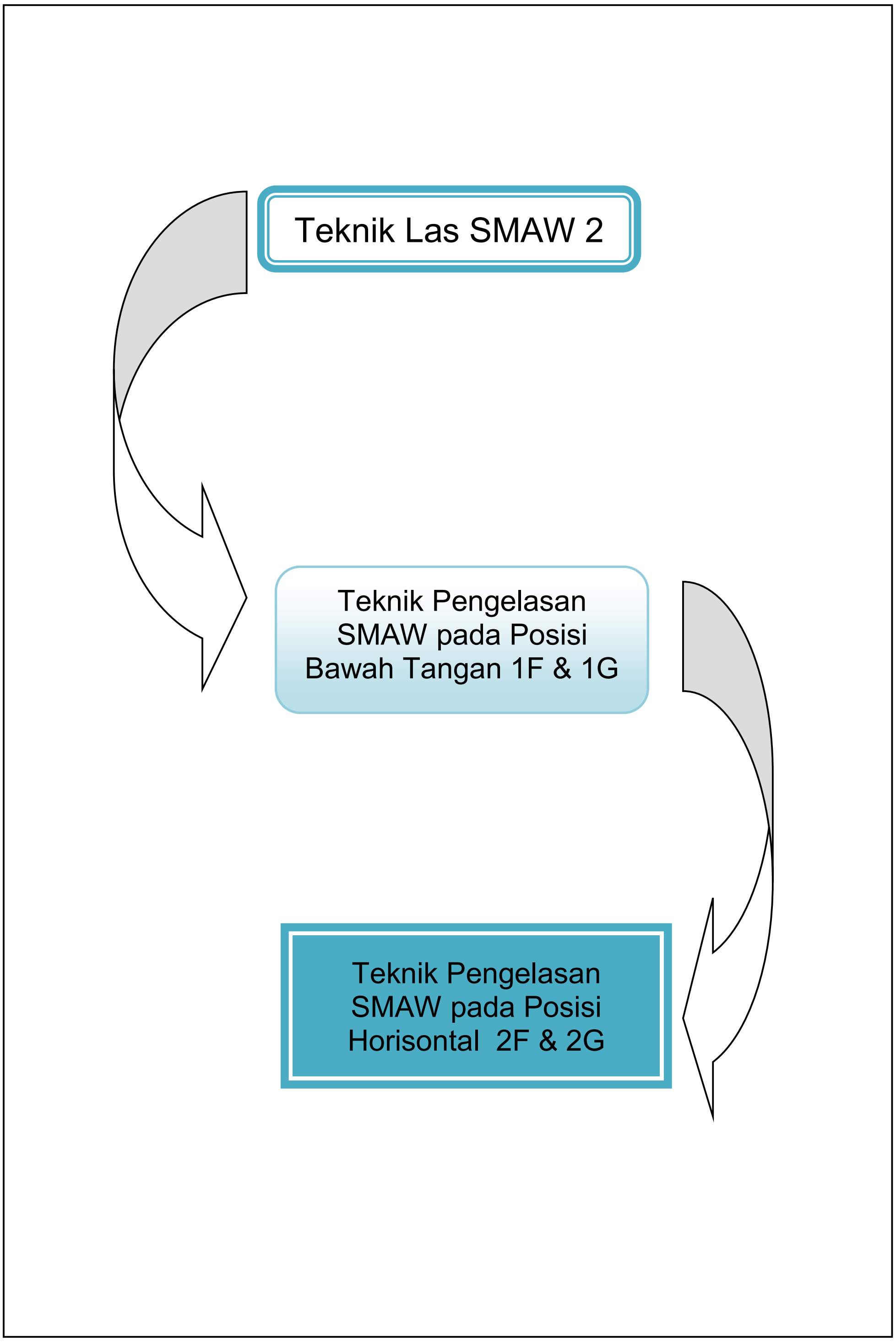
DAFTAR ISI



Peta Kedudukan Bahan Ajar Teknik Pengelasan Kapal



Peta konsep mata pelajaran Teknik Las SMAW XI semester 2





Glosarium

SMAW	sield Metal Arc Welding
KI	Kompetensi Inti
KD	Kompetensi Dasar



BAB I PENDAHULUAN

1. Deskripsi

Shield Metal Arc Welding (SMAW) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik yang Membentuk busur arus dan elektroda berselaput. Di dalam pengelasan *SMAW* ini terjadi gas pelindung ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/*pressure* gas *inert* untuk menghilangkan pengaruh oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung di dalam hasil pengelasan. Proses pengelasan terjadi karena adanya hambatan arus listrik yang mengalir diantara elektroda dan bahan las yang menimbulkan panas mencapai 3000 ^{o}C, sehingga membuat elektroda dan bahan yang akan dilas mencair. Untuk mempelajari hal tersebut dalam buku **Teknik Las *SMAW* 1** sudah dipelajari secara menyeluruh sebagai bahan penghantar kepada siswa untuk mempelajari buku teks bahan ajar teknik Las *SMAW* 2.

Buku teks bahan ajar **Teknik Las *SMAW* 2** merupakan buku pegangan siswa untuk program studi teknik perkapalan. Buku ini digunakan pada semester genap kelas XI. Pada semester ini kompetensi dasar di yang diajarkan menekankan pada kemampuan yang harus dimiliki pserta didik untuk dapat mengelas *SMAW* pada posisi 1F/1G dan 2F/2G. Sesuai dengan silabus kurikulim 2013 teknik perkapalan. Sehingga diharapkan setelah menyelasaikan buku in siswa sudah dapat melajutkan ke posisi pengelasan yang lebih tinggi lagi.

2. Prasyarat

Untuk melaksanakan mata pelajaran **Teknik Las *SMAW* 2** siswa terlebih dahulu harus sudah menempuh mata pelajaran teknik dasar pengerjaan logam 1 dan 2, mata pelajaranTeknik Las *SMAW* ,1 dan mata pelajaran prasyarat lainnya.

3. Petunjuk Penggunaan

Buku ini merupakan buku pegangan siswa untuk proses belajar. Yang harus diperhatikan untuk mempelajari buku ini :

1. Buku ini menganut system ketuntasan dalam belajar. Artinya urutan kegiatan belajar harus berurutan seperti yang tertuang dalam buku inHal tersebut dikarenakan Kegiatan Belajar 3 dapat terlaksana dengan baik jika Kegiatan Belajar 2 telah dikuasai, Demikian halnya Kegiatan Belajar 2 akan dapat dipelajari dengan lancar jika telah menguasai Kegiatan Belajar 1.
2. Model pembelajaran buku ini menggunakan pendekatan saintifik yang menuntut siswa selalu aktif dalam kegiatan belajar. Untuk itu metode belajar diskusi kelompok, dan metode praktek sering dilakukan dalam kegiatan belajar.
3. Kegiatan belajar dalam buku ini direncanakan tuntas sebanyak 20 kali pertemuan atau 20 minggu. Setiap pertemuan atau setiap minggu kegiatan belajar dilaksanakan selama 6 x 45 menit.
4. Setiap kegiatan belajar peserta didik harus mempelajari secara terurut dari tujuan pembelajaran, uraian materi, rangkuman, tugas, tes formatif, dan lembar kerja.

4. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari buku teks bahan ajar ini siswa dapat:

- Melakukan persiapan sambungan dan kampuh las posisi dibawah tangan dan horisontal sesuai dengan prosedur yang benar.
- Melakukan persiapan/penyetelan mesin las listrik SMAW sesuai dengan prosedur yang benar.
- Melakukan pemilihan dan menyiapkan elektroda las listrik SMAW sesuai dengan prosedur yang benar .
- Melakukan prosedur pengelasan yang benar.
- Membuat rigi-rigi las dengan las SMAW posisi di bawah tangan dan horisontal sesuai dengan prosedur yang benar
- Membuat las penebalan dengan las SMAW sesuai dengan prosedur yang benar.
- Membuat sambungan fillet posisi di bawah tangan dan mendatar dengan las SMAW sesuai dengan prosedur yang benar .

- Membuat sambungan groove posisi dibawah tangan dan horisontal dengan las SMAW sesuai dengan prosedur yang benar

5. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang di anutnya	1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya. 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menganugerahkan ilmu dan teknologi dibidang pengelasan.
2. Mengembangkan perilaku (jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong kerjasama, cinta damai, responsif dan proaktif) dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergulan dunia	2.1 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam mengidentifikasi logam dasar. 2.2 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam pemilihan elektoda las SMAW. 2.3 Menunjukkan sikap disiplin dan tanggung jawab dalam mengikuti prosedur pengelasan SMAW 2.4 Menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan setiap melaksanakan proses pengelasan 2.5 Memiliki kesadaran menggunakan APD setiap melaksanakan proses pengelasan 2.6 Menunjukkan perilaku kreatif, percaya diri, disiplin, tanggung jawab, jujur, kerjasama dan mandiri dalam melakukan praktik



	pengelasan SMAW
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan faktual, konseptual, **dan procedural dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradapan terkait penyebab fenomena dan kejadian**	3.1 Memahami karakteristik logam dasar pengelasan. 3.2 Memahami perlakuan panas pada logam dasar pengelasan. 3.3 Memahami karakteristik dan teknologi mesin las SMAW 3.4 Memahami karakteristik dan cara pemilihan elektroda las SMAW 3.5 Memahami metode pencegahan distorsi pada
KOMPETENSI INTI	**KOMPETENSI DASAR**
dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	proses pengelasan 3.6 Memahami K3 Pengelasan SMAW **3.7 Memahami teknik mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi bawah tangan.** **3.8 Memahami teknik mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi horizontal/mendatar.**



4. Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri serta bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan	4.1 Memperlakukan logam dasar untuk persiapan pengelasan . 4.2 Melakukan perlakuan panas pada logam dasar pengelasan sesuai prosedur pengelasan. 4.3 Mengoperasionalkan dan memelihara mesin las SMAW 4.4 Melakukan pemilihan dan perawatan elektroda SMAW. 4.5 Melakukan metode pencegahan distorsi pada proses pengelasan. 4.6 Memilih dan memakai APD pada proses pengelasan. **4.7 Mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi bawah tangan.** **4.8 Mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi horizontal/mendatar**.

6. Cek Kemampuan Awal

Sebelum mepelajari buku teks pembelajaran ini terlebih dahulu ada beberapa materi pembelajaran yang harus anda ceklis pada table di bawah ini. Jika anda belum menguasai materi pembelajarannya maka pelajari kembali sebelum anda melanjutkan ke pertanyaan berikutnya. Jika sudah ceklis dan lanjutkan.



Tabel. cek kemampuan dasar siswa

No.	Materi Pembelajaran	ya	tidak
1	Logam dasar pengelasan		
2	Perlakuan panas logam / dasar pengelasan		
3	Teknologi mesin las SMAW		
4	Klasifikasi dan kodifikasi elektroda las SMAW		
5	Metoda Pencegahan distorsi		
6	K3 Pengelasan SMAW		
7	Menggabar teknik		



BAB II MATERI PEMBELAJARAN

1. Teknik Pengelasan SMAW pada Posisi di Bawah Tangan (1F & 1G)

A. Deskripsi Pembelajaran

Pengelasan Posisi dibawah tangan (1F/1G) merupakan posisi pengelasan yang paling dasar yang harus dikuasai oleh seorang siswa. Apabila seorang siswa akan belajar pengelasan posisi 2F/2G mereka harus terlebih dahulu menguasai pengelasan 1F/1G baru kemudian belajar pengelasan pada posisi yang yang lebih sulit. Kompetensi dasar ini mencakup beberpa kegiatan belajar diantaranya:

- Persiapan sambungan dan kampuh las.
- Persiapan/penyetelan mesin las.
- Pemilihan dan penyiapan elektroda, prosedur pengelasan
- Teknik pengelasan rigi-rigi
- Teknik pengelasan penebalan
- Teknik pengelasan fillet 1F
- Teknik pengelasan groove 1G.

Kompetensi dasar pengelasan di bawah tangan ini di bagi dalam 10 kegiatan belajar. Satu kegiatan belajar dapat deselesaikan dalam waktu 6 x 45 menit. Dalam buku ini akan disampaikan teori dan praktek sebagai bahan untuk melaksanakan pembelajaran. Hasil yang akan diperoleh para siswa apabila menguasai kompetensi dasar ini adalah dapat melakukan persiapan pengelasan dan menguasai pengelasan 1F/1G.

Manfaat yang akan didapat apabila siswa mempunyai kompetensi pengelasan 1G di dunia kerja adalah :

- Dapat membantu tukang las dalam penyiapan mesin las untuk operasi pengelasan.
- Dapat lelakukan pengerjaan las ikat pada posisi datar sebagai kompetensi awal untuk meningkatkan konpetensi bidang pekerjaan las yang lebih tinggi.
- Melakukan pengelasan sambungan struktur pada posisi 1F/1G.

B. Kegiatan Belajar

Kegiatan Belajar 1 : Persiapan Sambungan Dan Kampuh Las

1.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran siswa dapat melakukan persiapan sambungan dan kampuh las

1.2 Uraian Materi

Persiapan Sambungan dan Kampuh Las

Sebelum kita melakukan persiapan sambungan dan kampuh las kita bahas terlebih dahulu macam – macam bentuk sambungan las.

Beragam bentuk pekerjaan las dan fabrikasi logam, menuntut agar suatu sambungan yang dikerjakan dapat sesuai dengan desain dan kekuatan yang diharapkan. Karena itu bentuk-bentuk sambungan harus dirancang sedemikian rupa supaya memenuhi kebutuhan tersebut

Bentuk-bentuk Sambungan Las

Secara umum sambungan las ada dua macam, yaitu sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul (*butt*).

Adapun macam-macam bentuknya adalah sebagai berikut :

- Sambungan sudut dalam (T-joint atau L-joint)
- Sambungan sudut luar (Corner joint)
- Sambungan tumpang (lap joint)
- Sambungan sumbat (Plug joint)
- Sambungan celah (Slot joint)
- Sambungan tumpul (Butt joint)

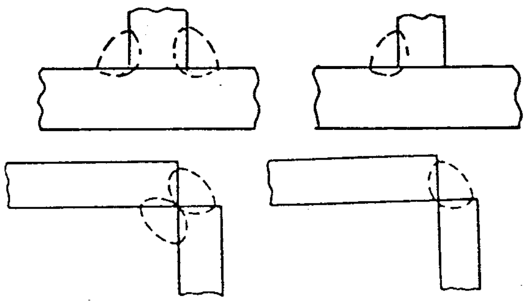
Bentuk-bentuk Kampuh Las.

Kampuh las adalah bentuk persiapan pada suatu sambungan. Umumnya hanya ada pada sambungan tumpul, namun ada juga pada beberapa bentuk sambungan sudut tertentu, yaitu untuk memenuhi persyaratan kekuatan suatu sambungan sudut.

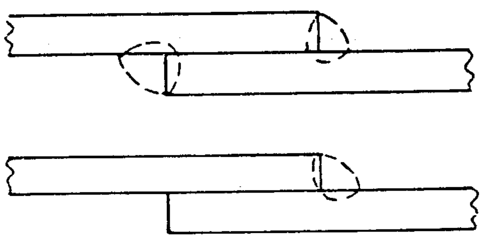
Bentuk kampuh las yang banyak dipergunakan pada pekerjaan las dan fabrikasi logam adalah :

- Kampuh I (Open square butt)
- Kampuh V (Single Vee butt)
- Kampuh X (Duoble Vee butt)
- Kampuh U (Single U butt)
- Kampuh K/Sambungan T dengan penguatan pada kedua sisi (*Reinforcemen on T-butt weld*)
- Kampuh J/ Sambungan T dengan penguatan satu sisi (*Single J-butt weld*)

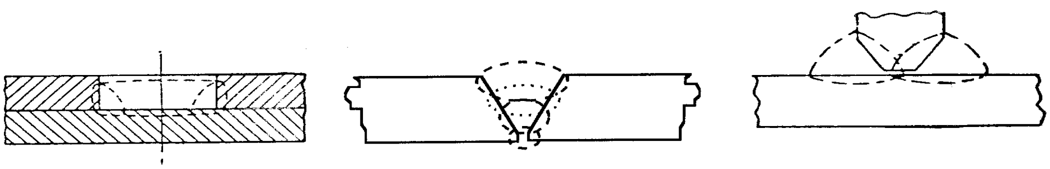
Berikut ini adalah gambar bentuk-bentuk sambungan dan kampuh las.



Sambungan T (T-Joint) *Sambungan Sudut (Corner Joint)*

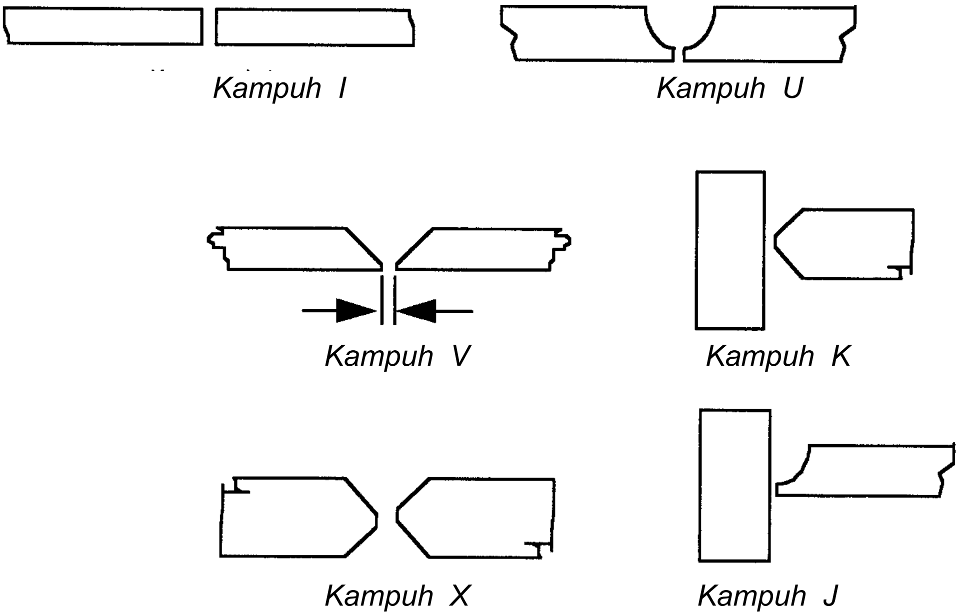


Sambungan Tumpang (Lap Joint)



Sambungan Slot(SlotJoint) Sambungan Tumpul (Butt Joint) T- Butt Joint

Gambar Bentuk-bentuk Sambungan

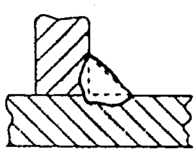
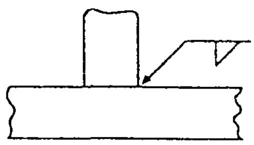


Gambar Kampuh Las

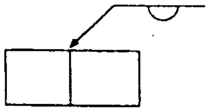
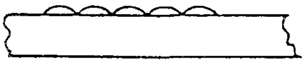
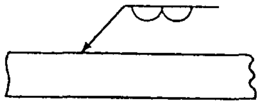
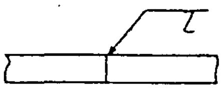
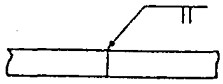
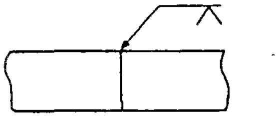
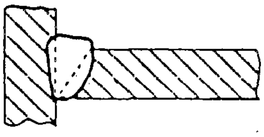
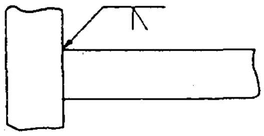
Aplikasi Simbol Las

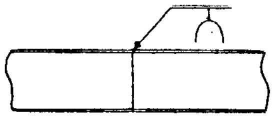
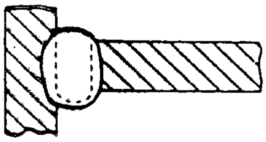
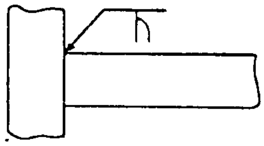
Pada pekerjaan las dan fabrikasi logam gambar kerja sangat memegang peranan penting, terutama tentang simbol las, karena dengan adanya simbol las seorang pekerja akan dapat menentukan konstruksi sambungan yang akan dikerjakan. Oleh karena itu pemahaman tentang simbol-simbol las sangat perlu dikuasai oleh seseorang yang bekerja di bidang las dan fabrikasi logam.

Berikut ini adalah macam-macam simbol las secara umum/ dasar yang digunakan dalam berbagai konstruksi pengelasan :

Bentuk Pengelasan	**Gambar**	**Simbol**
Sambungan Sudut (Fillet)		

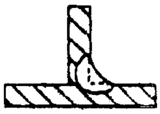
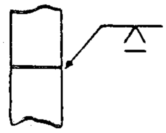
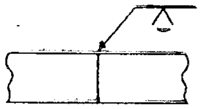
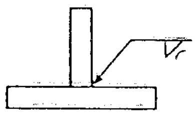


Jalur Las		
Penebalan Permukaan		
Sambungan Tumpul (***umum***)	(*Penetrasi penuh pada sambungan tumpul*)	
Sambungan Tumpul (***Kampuh I***)		
Sambungan Tumpul (***Kampuh V***)		
Sambungan T (***di bevel***)		

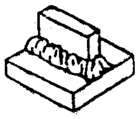
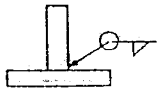
Sambungan Tumpul (***Kampuh U***)		
Sambungan T (***Kampuh J***)		

Bentuk Permukaan Jalur Las (*capping*) :

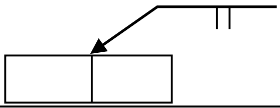
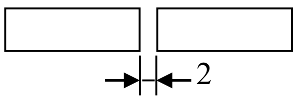
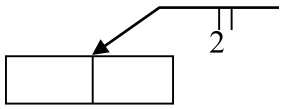
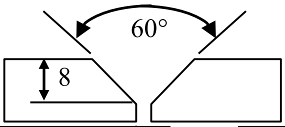
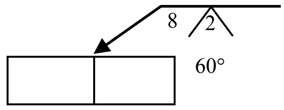
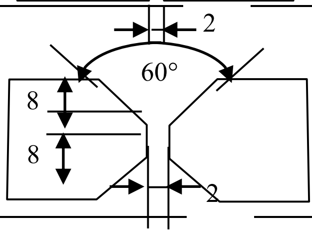
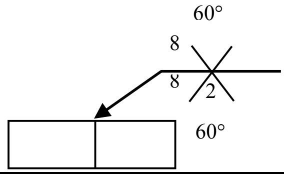
Tipe Pengelasan	Gambar	Simbol

Rata Cembung Cekung	  	  

Simbol Tambahan (Suplemen) :

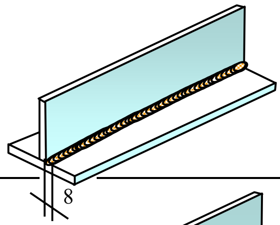
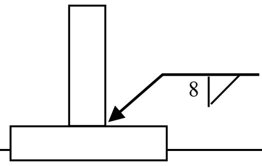
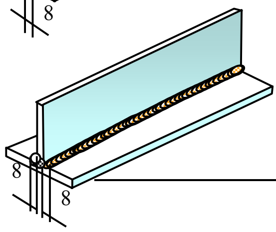
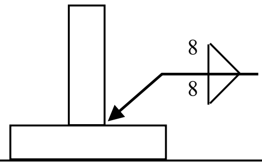
Tipe Pengelasan	Gambar	Simbol
Fillet		

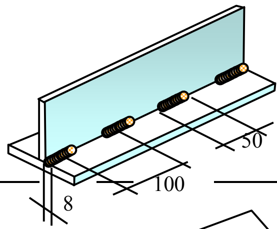
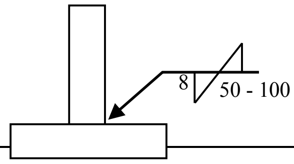
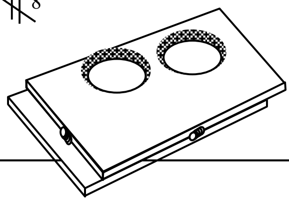
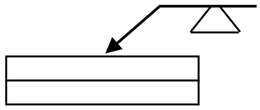
Contoh Penerapan Simbol Las pada Sambungan Tumpul:

No.	Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
1.	Kampuh I tertutup		
2.	Kampuh I terbuka		
3.	Kampuh V		
4.	Kampuh X		



Contoh Penerapan Simbol Las pada Sambungan Sudut:

No.	Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
1.	Bentuk T dilas kontinyu pada satu sisi		
2.	Bentuk T dilas kontinyu pada dua sisi		

No.	Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
3.	Bentuk T dilas tidak kontinyu pada satu sisi		
4.	Sumbat		

Pembuatan persiapan las dapat di lakukan dengan beberapa teknik, tergantung bentuk sambungan dan kampuh las yang akan dikerjakan.

Teknik yang biasa dilakukan dalam membuat persiapan las, khususnya untuk sambungan tumpul dilakukan dengan mesin atau alat pemotong gas (brander potong). Mesin pemotong gas lurus (*Straight Cutting Machine*) dipakai untuk pemotongan pelat, terutama untuk kampuh-kampuh las yang di bevel, seperti kampuh V atau X, sedang untuk membuat persiapan pada pipa dapat dipakai Mesin pemotong gas lingkaran (*Circular Cutting Machine*) atau dengan brander potong.

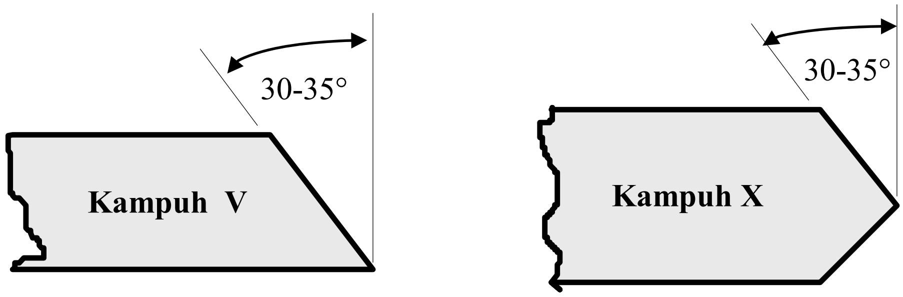
Namun untuk keperluan sambungan sudut yang tidak memerlukan kampuh las dapat digunakan mesin potong pelat (guletin) berkemampuan besar, seperti *Hidrolic Shearing Machine.*

Adapun pada sambungan tumpul perlu persiapan yang lebih teliti, karena tiap kampuh las mempunyai ketentuan-ketentuan tersendiri, kecuali kampuh I yang tidak memerlukan persiapan kampuh las, sehingga cukup dipotong lurus saja.

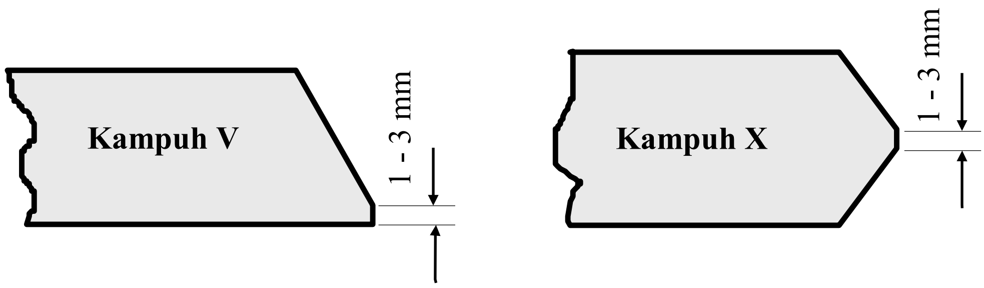
a. Kampuh V dan X (Single Vee dan Double Vee)

Untuk membuat kampuh V dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Potong sisi pelat dengan sudut (*bevel*) antara 30° - 35° dengan menggunakan pemotong gas lurus (*Straight Cutting Machine*).



- Buat "*root face*" selebar 1 - 3 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan/atau kikir rata. Kesamaan tebal/lebar permukaan "*root face*" akan menentukan hasil penetrasi pada akar (*root*)



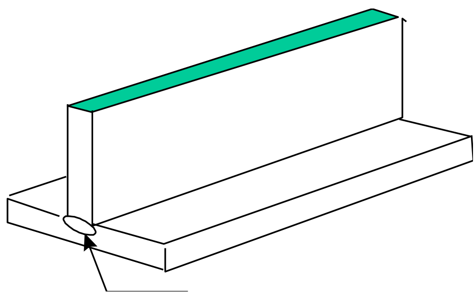
Gambar Persiapan Las

b. Kampuh U dan J.

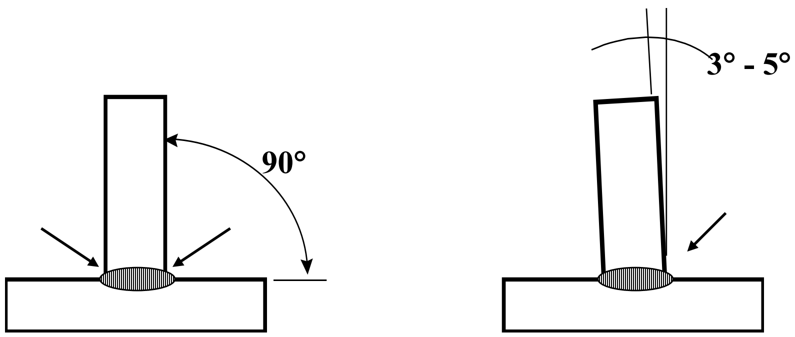
Pembuatan kampuh U dan J dapat dilakukan dengan dua cara :
Melanjutkan pembuatan kampuh V (*Single Vee*) dengan mesin gerinda sehingga menjadi kampuh U atau J.
Dibuat dengan menggunakan teknik "gas gouging", kemudian dilanjutkan dengan gerinda dan /atau kikir.

Setelah dilakukan persiapan kampuh las, baru dirakit (dilas catat) sesuai dengan bentuk sambungan yang dikerjakan.
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan las catat (*tack weld*) adalah sebagai berikut :

- Pada sambungan sudut cukup di las catat pada kedua ujung sepanjang penampang sambungan atau dengan jarak tiap ± 150mm.
- Bila dilakukan pengelasan sambungan sudut (T) pada kedua sisi, maka konstruksi sambungan harus 90° terhadap bidang datarnya. Bila hanya satu sisi saja, maka sudut perakitannya adalah 3° - 5° menjauhi sisi tegak sambungan, yakni untuk mengantisipasi tegangan penyusutan / distorsi setelah pengelasan.



Las catat

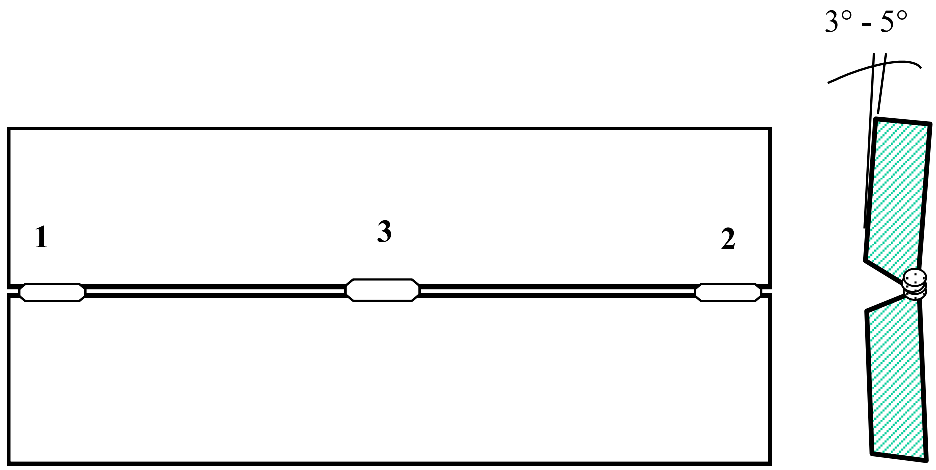


Dilas ke dua sisi   Dilas satu sisi

Gambar Las Catat

Pada sambungan tumpul kampuh V, X, U atau J perlu dilas catat pada beberapa tempat, tergantung panjang benda kerja.

Untuk panjang benda kerja yang standar untuk uji profesi las (300 mm) dilakukan tiga las catat, yaitu kedua ujung dan tengah dengan panjang las catat antara 15 -30 mm. Sedang untuk panjang benda kerja dibawah atau sama dengan 150 mm dapat dilas catat pada kedua ujung saja.





1.3 Rangkuman

- Ada dua macam sambungan dalam pengelasan yaitu sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul (*butt*)
- Macam – macam bentuk sambungan:
  - Sambungan sudut dalam (T-joint atau L-joint)
  - Sambungan sudut luar (Corner joint)
  - Sambungan tumpang (lap joint)
  - Sambungan sumbat (Plug joint)
  - Sambungan celah (Slot joint)
  - Sambungan tumpul (Butt joint)
- Bentuk – bentuk kampuh las:
  - Kampuh I (Open square butt)
  - Kampuh V (Single Vee butt)
  - Kampuh X (Duoble Vee butt)
  - Kampuh U (Single U butt)
  - Kampuh K/Sambungan T dengan penguatan pada kedua sisi (*Reinforcemen on T-butt weld*)
  - Kampuh J/ Sambungan T dengan penguatan satu sisi (*Single J-butt weld*)
- Pembuatan persiapan las dapat dilakukan dengan :
  - Pemotong gas (brander potong)
  - Dengan plasma cutting
  - Dengan gerinda
  - Dengan mesin potong pelat guletin.

1.4 Tugas

Persiapan Las untuk Sambungan T

Tujuan Ipembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu membuat persiapan sambungan sudut (T) pada pelat 10 mm menggunakan peralatan potong gas dengan memenuhi kriteria:

- Hasil potongan rata dan lurus
- Ukuran 70 x 200 x 10 mm
- Distorsi maksimum 5°
- Panjang las catat 10 – 15 mm pada tiga tempat dan jarak simetris
- Konstruksi sambungan siku dan simetris dengan penyimpangan maksimum 5°

Alat dan Bahan

1. **Alat**
   - Seperangkat alat potong gas mekanik (*Straight Cutting Machine*)
   - Seperangkat mesin las busur manual (SMAW)
   - Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja pemotongan dengan gas dan las busur manual
   - Satu set alat bantu las busur manual
1. **Bahan**
   - Pelat baja lunak tebal 10mm
   - Satu set gas asetilin dan oksigen
   - Elektroda AWS-E 6013 ∅ 3,2mm

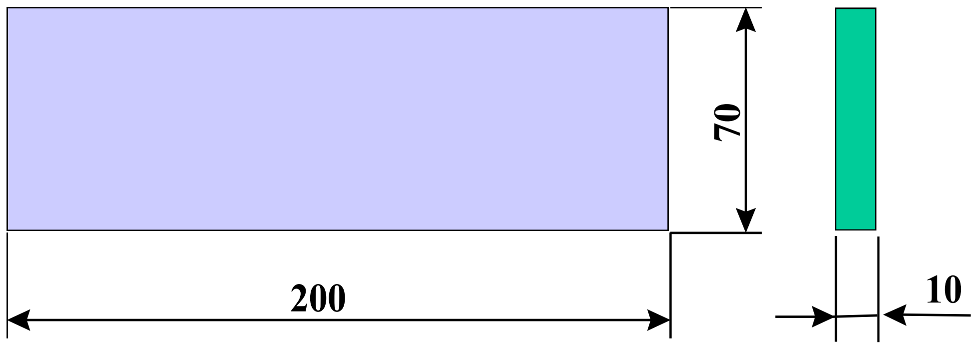
C. Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Gunakan kacamata yang sesuai (shade 4-5 untuk pemotongan dan shade 10-11 untuk pengelasan).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.

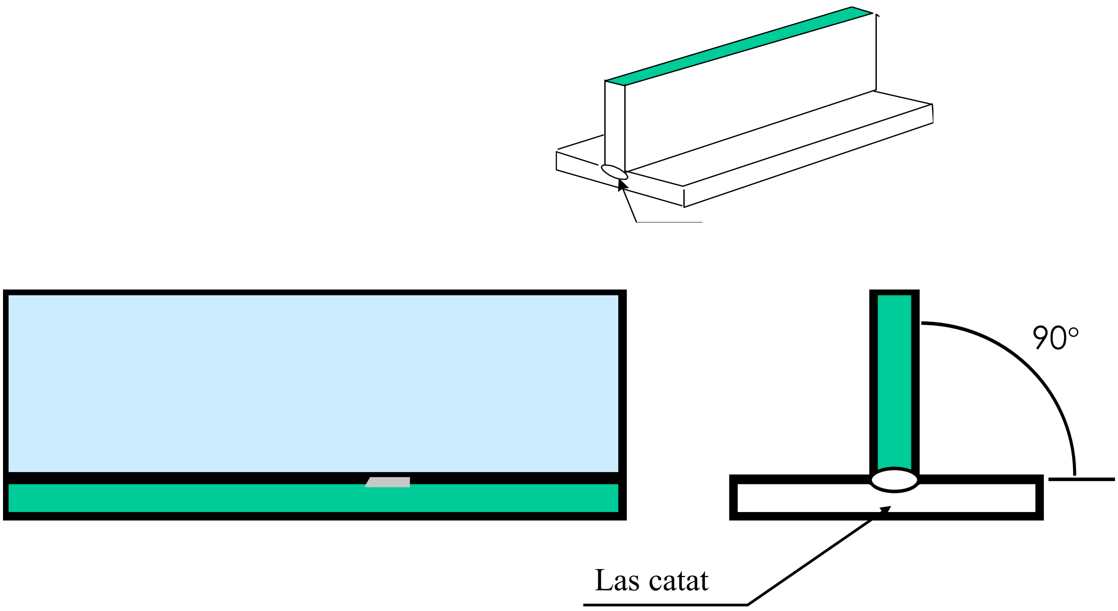
5. Hati-hati dengan benda panas hasil pemotongan.

D. Gambar Kerja

1. Persiapan Bahan



2. Persiapan Sambungan



E. Langkah kerja.

1. Siapkan peralatan potong gas dan bahan (pelat baja lunak 10 mm).
2. Lukis garis potong sesuai gambar kerja.
3. Tempatkan mesin potong gas di atas pelat yang akan dipotong, dan atur posisi tip potong tegak lurus terhadap pelat.

4. Lakukan pemotongan sejumlah 2 buah (satu set sambungan T), sesuai ukuran yang ditentukan pada gambar kerja.
5. Rapikan sisi potongan dengan menggunakan pahat (jika perlu) gerinda dan/atau kikir.
6. Rakit dan las catat sambungan menggunakan elektroda E 6013 (Rutile) dengan konstruksi tegak lurus satu sama lain.
7. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.



Persiapan Las Sambungan Tumpul Kampuh V

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu membuat persiapan sambungan tumpul kampuh V pada pelat 10 mm menggunakan peralatan potong gas dengan memenuhi kriterai :

- Hasil potongan rata dan lurus
- Ukuran 100 x 300 x 10 mm
- Sudul bevel 30° - 35°
- *Root face* dan *root gap* 2mm, rata dan sama
- Distorsi maksimum 5°
- Panjang las catat 15 - 20mm pada tiga tempat dan jarak simetris
- Konstruksi sambungan rata dengan selisih maksimum 1mm

Alat dan Bahan

1. **Alat**
   - Seperangkat alat potong gas mekanik (*Straight Cutting Machine*)
   - Seperangkat mesin las busur manual (SMAW)
   - Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja pemotongan dengan gas dan las busur manual
   - Satu set alat bantu las busur manual
2. **Bahan**
   - Pelat baja lunak tebal 10mm
   - Satu set gas asetilin dan oksigen
   - Elektroda AWS-E 6010/11 ∅ 3,2mm

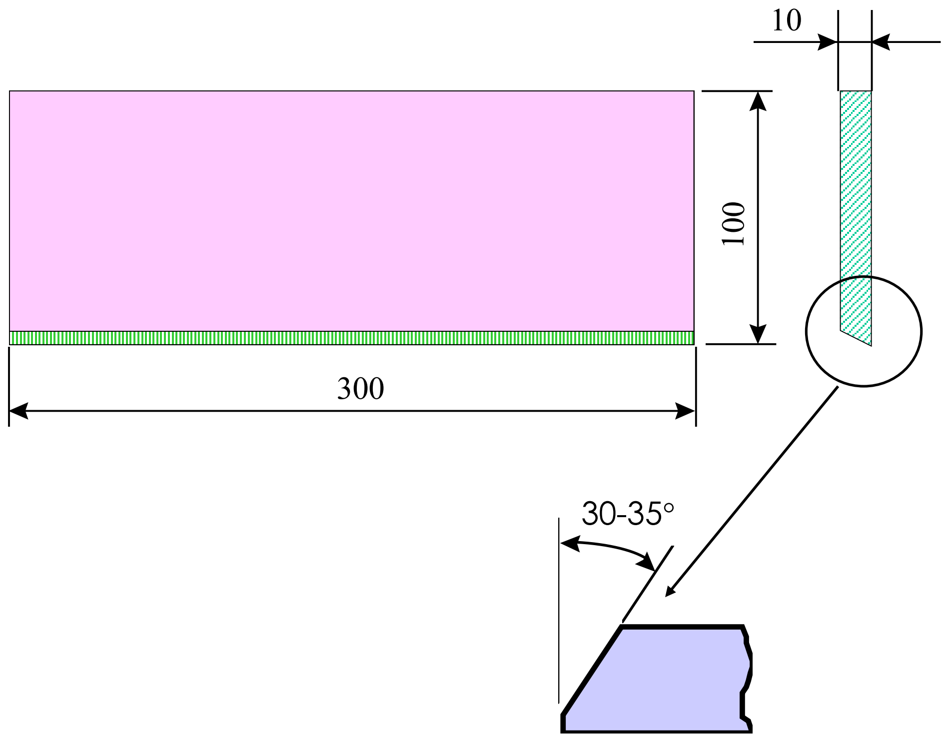
Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Gunakan kacamata yang sesuai (shade 4-5 untuk pemotongan dan shade 10-11 untuk pengelasan).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.

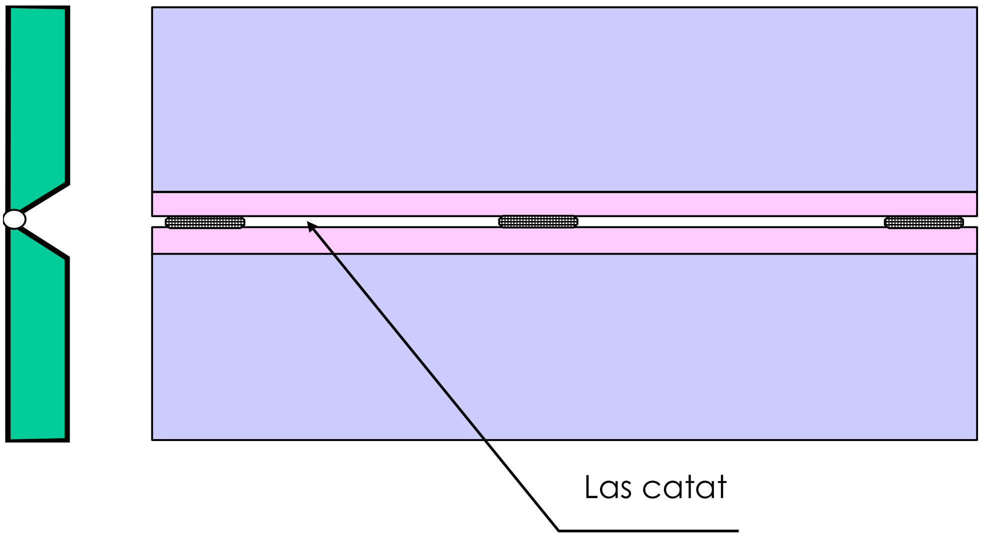
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Hati-hati dengan benda panas hasil pemotongan.

Gambar Kerja

1. Persiapan Bahan



2. Persiapan Sambungan



E. Langkah kerja.

1. Siapkan peralatan potong gas dan bahan (pelat baja lunak 10 mm).
2. Lukis garis potong sesuai gambar kerja.
3. Tempatkan mesin potong gas di atas pelat yang akan dipotong, dan atur posisi tip potong 55° - 60° terhadap pelat.
4. Lakukan pemotongan sejumlah 2 buah (satu set sambungan tumpul), sesuai ukuran yang ditentukan pada gambar kerja.
5. Periksa hasil pemotongan, apakah sesuai dengan gambar kerja.
6. Gunakan mal sudut untuk memeriksa sudut potongan.
7. Rapikan sisi potongan dengan menggunakan pahat (jika perlu) gerinda dan/atau kikir.
8. Rakit dan las catat sambungan menggunakan elektroda E 6010/11 (*Cellulose*) dengan konstruksi kemiringan antara 3° - 5° dari permukaan rata.



9. Bersihkan dan dinginkan benda kerja .
10. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.
11. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan.



1.5 Tes Formatif

1. Jelaskan Prosedur yang dilakukan untuk persiapan sambungan dan kampuh las !.
2. Sebutkan macam – macam sambungan !
3. Sebutkan alat keselamatan kerja yang digunakan dalam mempersiapkan sambungan.
4. Berapa sudut bevel yang di sarankan untuk persiapan kampuh las “V” untuk tebal pelat 12 mm.
5. Gambarkan persiapan bahan untuk kampuX (double V) untuk material pelat dengan ketebalan 12mm!.

1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....
4. ....
   ....
   ....
   ....
5. ....
   ....
   ....
   ....



1.7 Lembar Kerja Peserta didik

Buat laporan proses persiapan sambungan dan kampuh las untuk sambungan “T” dan kampuh “V” seperti yang ditugaskan di atas. Lengkapi dengan gambar.

Nama Pekerjaan :

Nama Peserta :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ………. pukul …………….

NO	ASPEK	URAIAN
1.	K3	
2.	Peralatan kerja	
3.	Tekanan kerja gas	
4.	Ukuran Tip	
5.	Posisi pemotong	
6.	Posisi pelat	
7.	Peletakan rel mesin potong	
8.	Benda kerja setelah selesai dipotong	
9.	Las catat	
10.	Akhir pekerjaan	



Kegiatan Belajar 2 : Persiapan Penyetelan Mesin Las

2.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran siswa dapat:

- Mengidentifikasi peralatan pengelasan SMAW.
- Mendeskripsikan peralatan pengelasan SMAW
- Menyiapkan peralatan pengelasan SMAW
- Menyetel peralatan pengelasan SMAW sesuai dengan SOP.

2.2 Uraian Materi

Sumber Arus Las

Ada tiga macam sumber arus las dan menghasilkan dua macam arus las seperti dapat dijelaskan dibawah ini :

- Transformator Las menghasilkan arus bolak - balik
- Penyearah Las menghasilkan arus searah
- Generator Las menghasilkan arus searah

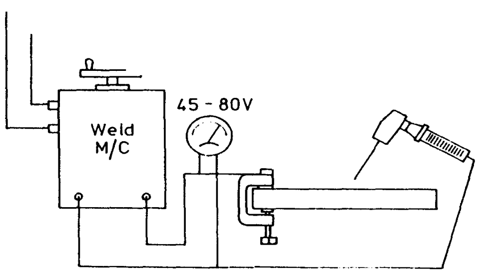
Sumber arus las secara umum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Tegangan las rendah (± 15 sampai dengan 100 volt)
- Arus las tinggi (± 15 sampai dengan 400 ampere)
- Arus las dapat distel
- Jaminan keamanan terhadap hubungan pendek lingkaran arus las
- Kerugian arus las selama pengelasan, sekecil mungkin

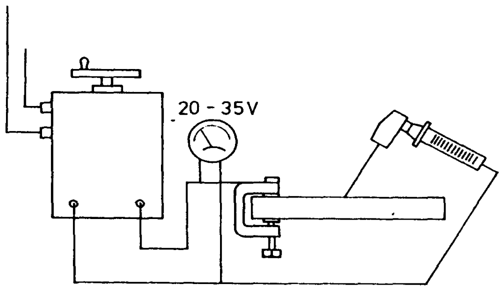
Untuk memenuhi persyaratan tersebut dibutuhkan mesin las. Sumber listrik menyediakan tegangan dan arus yang butuhkan untuk menghasilkan busur las. Arus yang dibutuhkan sangat tinggi untuk dapat mencairkan permukaan benda kerja dan ujung elektroda. Disamping itu sangat penting menjaga kestabilan arus listrik selama elektrode menghasilkan busur listrik. Jika elektroda terlalu jauh, maka arus yang mengalir akan terhenti sehingga berakibat terhenti pula pembentukan busur las. Sebaliknya, jika terlalu dekat atau menyentuh/ menekan benda kerja, maka busur yang terjadi terlalu pendek/ tidak ada jarak sehingga elektroda akan menempel pada benda kerja, dan jika hal ini agak berlansung lama, maka keseluruhan batang elektroda

akan menerima panas yang sama yang berkibat mencairnya keseluruhan batang elektroda tersebut.

Pada saat belum terjadinya busur las disebut “sirkuit terbuka “ (*open circuit voltage* /OCV) mesin las akan menghasilkan tegangan sebesar 45 – 80 volt, sedangkan pada saat terjadinya busur las, disebut “sirkuit tertutup” (*close circuit voltage* /CCV) tegangan akan turun menjadi 20 – 35 volt.



Sirkuit Terbuka /OCV



Sirkuit Tertutup /CCV

Gambar Sirkuit Terbuka dan Tertutup

Memperbesar busur las adalah dengan cara memperbesar/mempertinggi amper yang dapat diatur pada mesin las. Saat busur las terbentuk, temperatur pada tempat terjadinya busur las tersebut akan naik menjadi sekitar 6000° C, yaitu pada ujung elektroda dan pada titik pengelasan. Bahan mencair membentuk kawah las yang kecil dan ujung elektroda mencair membentuk butir-butir cairan logam yang kemudian melebur bersama-sama kedalam kawah las pada benda kerja. Dalam waktu yang sama salutan (*flux*) juga mencair, memberikan gas pelindung di sekeliling busur dan membentuk terak yang melindungi cairan logam. Kecepatan mencair dari elektroda ditentukan oleh jumlah arus listrik yang dipakai.

Mesin las terdiri dari mesin las AC dan mesin las DC, di mana kedua mesin las ini dapat menghasilkan dan menyediakan tegangan dan arus listrik yang cukup untuk terjadinya proses pengelasan. Kedua jenis mesin las tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga dalam penggunaannya harus benar-benar diperhatikan agar sesuai dengan bahan yang dilas ataupun teknik-teknik pengelasannya.

Mesin Las Arus Bolak-balik (AC)

Mesin las arus bolak-balik sebenarnya adalah transpormator penurun tegangan. Transformator (trafo mesin las) adalah alat yang dapat merubah tegangan yang keluar dari mesin las. Tegangan yang diperlukan oleh mesin las bermacam-macam biasanya 110 V, 220 V, 380 V atau 420 V. Pengaturan arus pada pengelasan dapat dilakukan dengan cara memutar tuas, menarik, atau menekan, tergantung pada konstruksinya, sehingga kedudukan inti medan magnit bergeser naik-turun pada transformator. Pada mesin las arus bolak-balik, kabel masa dan kabel elektroda dipertukarkan tidak mempengaruhi perubahan panas yang timbul pada busur nyala.

Mesin Las Arus Searah (DC)

Mesin las arus searah mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah atau dari generator arus searah yang digerakkan oleh motor bensin atau motor diesel sehingga cocok untuk pekerjaan lapangan atau untuk bengkel-bengkel kecil yang tidak mempunyai jaringan listrik.

Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur /dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara :

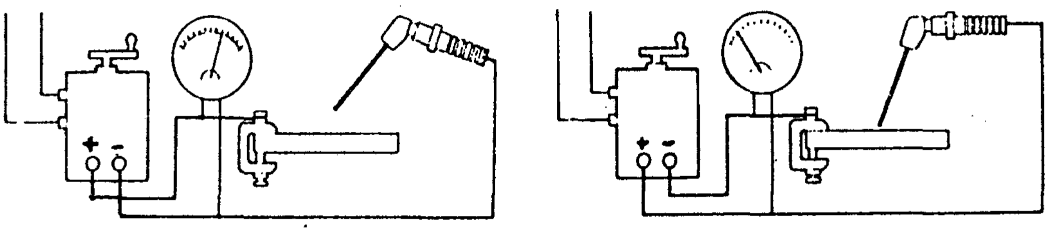
- Pengkutuban langsung (Direct Current Straight Polarity / DCSP/DCEN)
- Pengkutuban terbalik (Direct Current Reverce Polarity / DCRP/DCEP)

Pengkutuban langsung (DCSP/DCEN) :

Dengan pengkutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja.

Pengkutuban terbalik (DCRP/ DCEP) :

Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja , dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.



DCSP / DCEN DCRP / DCEP

Gambar Pengkutuban Mesin Las DC

Duty Cycle

Semua tipe mesin las diklasifikasikan/ diukur berdasarkan besarnya arus yang dihasilkannya (*current output*) pada suatu besaran tegangan (*voltage*). Ukuran ini ditetapkan oleh fabrik pembuatnya sesuai dengan standar yang berlaku pada negara pembuat tersebut atau standar internasional, di mana standar tersebut menetapkan kemampuan maksimum mesin las untuk beroperasi secara aman dalam batas waktu tertentu.

Salah satu ukuran dari mesin las adalah persentase dari "***duty cycle***". *Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*). Sebagai contoh, jika suatu mesin las berkemampuan 300 Amper dengan *duty cycle* 60%, maka artinya mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300 Amper pengelasan selama 60% per 10 menit penggunaan (6/10).

Jika penggunaan mesin las tersebut dibawah 60% (*duty cycle* diturunkan), maka arus maksimum yang diizinkan akan naik. Dengan demikian, jika misalnya '*duty cycle'* nya hanya 35% dan besar arusnya tetap 300 Amper, maka mesin las akan dapat dioperasikan pada 375 Amper.

Hal tersebut berdasarkan perhitungan :

- Selisih : 60% - 35 % = 25 %
- Peningkatan : 25/60 x 300 = 125, sehingga 60% x 125 = 75 Amper.
- Arus maksimum yang diizinkan = 75 + 300 = 375 Amper.

Pengaturan Arus (Amper) Pengelasan

Besar kecilnya amper las terutama tergantung pada besarnya diameter elektroda dan tipe elektroda. Kadang kala juga terpengaruh oleh jenis bahan yang dilas dan oleh posisi atau arah pengelasan. Biasanya, tiap fabrik pembuat elektroda mencantumkan tabel variabel penggunaan arus las yang disarankan pada bagian luar kemasan elektroda.

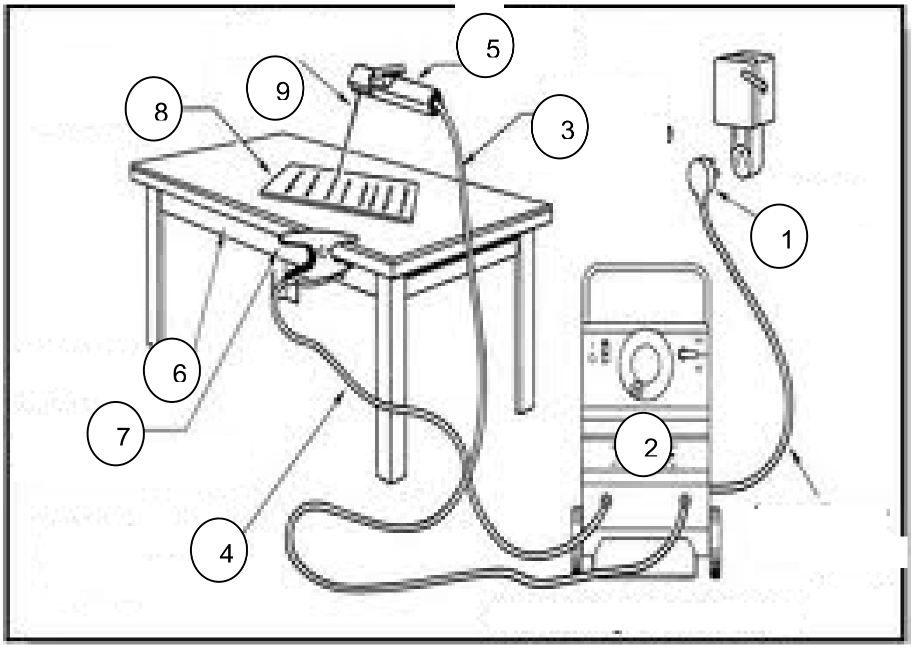
Di lain fihak, seorang operator las yang berpengalaman akan dengan mudah menyesuaikan arus las dengan mendengarkan, melihat busur las atau hasil las. Namun secara umum pengaturan amper las dapat mengacu pada ketentuan berikut :

DIAMETER ELEKTRODA		**BESAR ARUS**
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper
3/16 Inchi	4,8 mm	140 –240 Amper
1/4 Inchi	6,4 mm	200 – 350 Amper

Prosedur Pemasangan Las Listrik Manual

Untuk menghindari hal-hal yang tidak diijinkan, misalnya kerusakan atau kecelakaan yang ditimbulkan oleh aliran listrik, maka dalam memasang/setting perangkat las listrik harus mengikuti aturan-aturan keselamatan kerja, sehingga kerusakan/kecelakaan fatal dapat dicegah / dihindari.

Dibawah ini skema yang menggambarkan setting perangkat las listrik yang paling mendasar ;



Keterangan :

1. Stop kontak ke jaringan listrik umum
2. Sumber arus las (mesin las)
3. Kabel penghantar arus las (untuk elektroda)
4. Kabel penghantar arus las (untuk benda kerja)
5. Penegang elektroda
6. Meja kerja
7. Klem benda kerja
8. Benda kerja
9. Elektroda

Catatan :

- Stop kontak, kabel penghantar listrik dan pemegang elektroda harus terisolasi dengan baik.
- Klem benda kerja harus kuat jepitannya.

Langkah - langkah pemasangan :

1. Menyiapkan mesin las dan perlengkapannya pada tempatnya.
2. Memasang kabel-kabel arus las (lengkap dengan pemegang elektroda dan klem benda kerja sesuai keperluan) pada mesin las. Pilih panjang las.

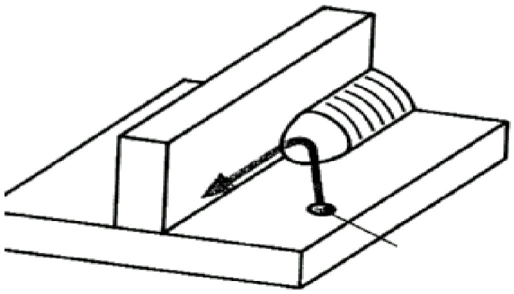


3. Menggelar kabel-kabel las (tidak boleh dalam keadaan gulungan).
4. Menempatkan pemegang elektroda pada tempatnya (tidak menyebabkan hubungan pendek).
5. Mengikatkan klem benda kerja dengan kuat dan diikat dengan daerah pengelasan.
6. Memasang stop kontak ke jaringan Listrik Umum.
7. Menghidupkan mesin
8. Menyetel amper
9. Memasang elektroda
10. Pengelasan siap dilaksanakan

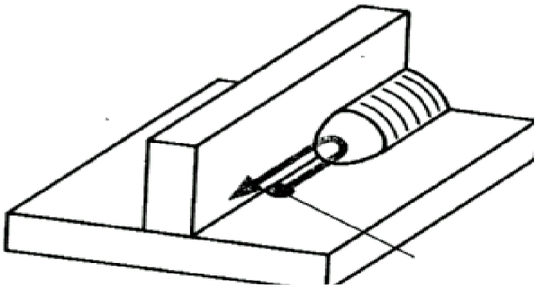
Memulai dan menghentikan pengelasan

Penyalaan busur las dapat dilakukan dengan menyentuhkan ujung elektroda dengan benda kerja, sebaliknya untuk memadamkan busur las dengan cara menjauhkan ujung elektroda dari benda kerja. Benar tidaknya penyalaan dan pemadaman busur las akan memepengaruhi mutu lasan terutama pada sambungan alur las.

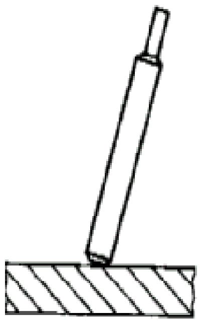
Penyalaan busur listrik:

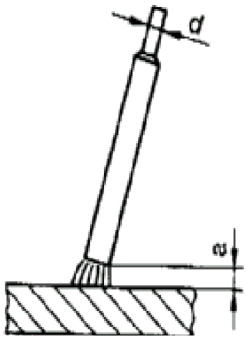


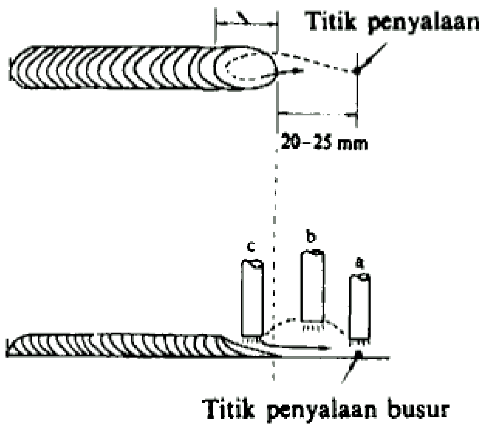
salah



Benar, dinyalakan ± 20 mm dari ujung alur las.



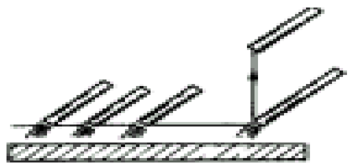




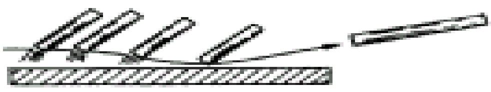
Sentuhkan dan angkat setinggi diameter elekroda (a ≈ d)

Menghentikan ı

Untuk mendapatkan sambungan alur las yang baik, sebelum mengangkat elektroda sebaiknya panjang busur dikurangi dengan merapatkan elektroda baru kemudian elektroda ditarik agak miring. Pemadaman busur las sebaiknya tidak dilakukan di tengah - tengah kawah las tetapi diputar sedikit kembali kemudian ditarik (lihat gambar).



(a) Pemadaman yang salah.



(b) Pemadaman yang baik.



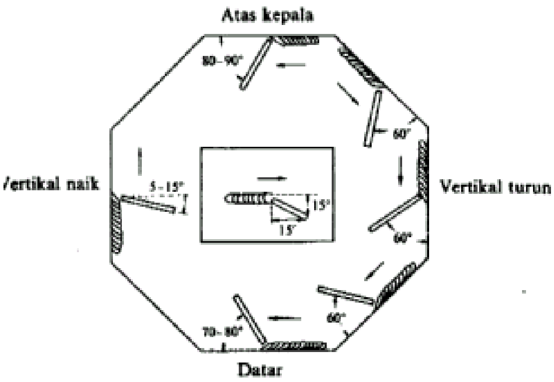


Menjalankan Elektroda :

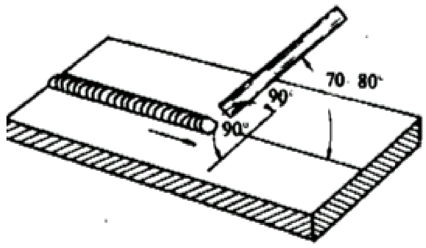
Setelah diperoleh busur las maka kemudian elektroda dijalankan pada kecepatan tertentu untuk membentuk alur las.

Menjalankan elektroda boleh ditarik lurus maupun diayun dengan selalu menjaga busur las pada ukuran yang stabil.

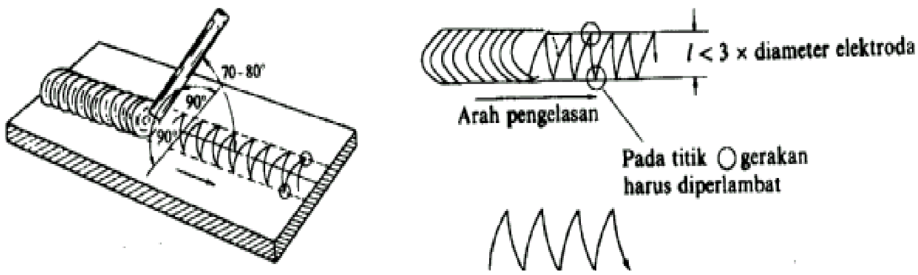
Sudut elektroda terhadap benda kerja tergantung posisi pengelasan.



Sudut Elektroda pada las tumpul



Sudut elektroda pada las lurus.



Gerakan ayunan elektroda

2.3 Rangkuman

- ❖ Ada tiga macam sumber arus las dan menghasilkan dua macam arus las:
  - Transformator Las menghasilkan arus bolak - balik
  - Penyearah Las menghasilkan arus searah
  - Generator Las menghasilkan arus searah



- ❖ Persyaratan sumber arus las yang harus dipenuhi oleh mesin las adalah sebagai berikut:
  - Tegangan las rendah (± 15 sampai dengan 100 volt)
  - Arus las tinggi (± 15 sampai dengan 400 ampere)
  - Arus las dapat distel
  - Jaminan keamanan terhadap hubungan pendek lingkaran arus las
  - Kerugian arus las selama pengelasan, sekecil mungkin
- ❖ *Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*).

2.4 Tugas

Pengaturan Amper Las

Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu :

- Melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik.
- Mendemonstrasikan pengelasan dengan menggunakan beberapa ukuran elektroda.
- Menganalisis hasil las dengan berbagai variasi besaran amper pengelasan.
- Menetapkan atau mengambil kesimpulan tentang besarnya amper yang sesuai dengan diameter suatu tipe elektroda.

Alat dan Bahan

1. Alat :
   - Seperangkat mesin las busur manual
   - Peralatan bantu
   - Peralatan keselamatan & kesehatan kerja



2. Bahan :

   - Pelat baja lunak, ukuran 8 x 100 x 200 mm, 1 buah
   - Elektroda jenis rutile (E 6013) : ∅ 2,6 ; ∅ 3,2 dan ∅ 4,0 mm

Langkah Kerja

1. Menyiapkan 1 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 100 x 200 x 8 mm .
2. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
3. Melukis beberapa garis jalur las dengan jarak ± 20 mm menggunakan kapur dan/atau penitik garis.
4. Mengatur amper mengelasan dengan mengacu pada ketentuan yang disarankan untuk tiap ukuran diameter elektroda. (lihat tabel)

Tabel diameter dan arus pengelasan

DIAMETER ELEKTRODA		**BESAR ARUS**
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper

5. Melakukan penyalaan (membuat jalur las) menggunakan elektroda E 6013 diameter 2,6 mm dengan besar amper las yang bervariasi, kemudian catat tiap perubahan amper las yang dilakukan pada tabel di bawah ini.
6. Membandingkan hasil las yang dibuat, sehingga dapat ditentukan besarnya amper las yang cocok untuk diameter elektroda tersebut (∅ 2,6 mm).

   JIKA ADA MASALAH, HUBUNGI BEMBIMBING PRAKTIK!

7. Melakukan pengelasan dengan menggunakan elektroda ∅ 3,2 dan ∅ 4,0 dengan cara dan langkah kerja yang sama.
8. Menyimpulkan temuan tersebut, sehingga Anda punya ketetapan sendiri tentang besarnya amper las untuk tiap ukuran diameter elektroda.



2.5 Tes Formatif

A. Jelaskan apa yang dimaksud dengan siklus kerja atau Duty Cycle (DC) !

B. Apa yang dimaksud dengan *OCP dan CCP* jelaskan!

C. Apa yang dimaksud dengan pengkutuban langsung dan pengkutuban terbalik, jelaskan!

D. Apakah keuntungan pada proses pengelasan jika menggunakan mesin DC dengan pengkutuban terbalik, jelaskan!.

E. Sebutkan langkah – langkah pemasangan mesin sebelum kita memulai pengelasan!

2.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

F. ....
....
....
....

G. ....
....
....
....

H. ....
....
....
....

I. ....
....
....
....

J. ....
....
....
....



2.7 Lembar Kerja Peserta didik

Buat laporan hasil proses penyetelan amper / mencoba elektroda.

Nama Pekerjaan :

Nama Peserta :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

	VARIASI BESAR ARUS			
∅ ELEKTRODA	**1**	**2**	**3**	**4**
2,6 mm	……Amp.	……Amp.	……Amp.	……Amp.
3,2 mm	……Amp.	……Amp.	……Amp.	……Amp.
4,0 mm	……Amp.	……Amp.	……Amp.	……Amp.

Analisis masing - masing hasil pengelasan pada diameter elektroda dan ampere yang digunakan. Pada ampere berapakah hasil pengelasan yan baik. Kemudian bagaimana pula akibat yang terjadi pada penggunaan ampere yang terlalu kecil maupun terlalu besar.

Diskusikan secara berkelompok kemudian hasilnya dipresentasikan di depan kelas.



Kegiatan Belajar 3 : Pemilihan dan Penyiapan Elektroda

3.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini siswa dapat memilih dan menyiapkan macam-macam bahan tambah las (elektroda) untuk Las Busur Listrik Manual (SMAW).

3.2 Uraian Materi

Pada las busur listrik manual (SMAW), elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus, dimana terdiri dari batang kawat (inti) dan salutannya (flux). Kawat elektroda dan salutannya akan mencair di dalam busur selama proses pengelasan dan membentuk rigi-rigi las (kampuh las). Dimana salutan (fluks) dari elektroda tersebut berfungsi sebagai gas pelindung, yang mana dapat melindungi cairan las dari pengaruh udara luar. Adapun salutan (fluks) ini terdiri dari campuran bahan mineral dan zat kimia inilah yang menentukan karakter pengoperasian dan komposisi pada akhir pengelasan. Jenis arus las yang dipakai adalah arus AC, DC + atau DC - , dan akan berubah sesuai dengan jenis elektroda yang digunakan serta diharapkan dapat memilih jenis elektroda secara berhati-hati sebelum digunakan untuk mengelas. Karena bila arus las yang digunakan sesuai dengan ukuran dan jenis dari elektrodanya, maka akan dapat menghasilkan lasan yang baik dan ideal. Bila arus lasnya tidak sesuai, maka akan menyebabkan hasil lasan menjadi tidak memuaskan atau dapat dikatakan performasi dari elektroda menjadi jelek.

Elektroda perlu dan harus disimpan di tempat yang kering dengan temperatur ruangan kira-kira 40º C, agar tidak lembab karena adanya pengaruh kelembaban udara. Dan secepat mungkin ditutup kembali (dirapatkan) bila bungkus elektroda tersebut terbuka, serta seharusnya disimpan kembali di dalam kabinet yang mempunyai sirkulasi udara yang temperaturnya dapat dikontrol antara 40º C sampai dengan 100º C, tergantung dari jenis elektrodanya. Contoh, elektroda *low hydrogen* dengan temperatur 100ºC dan elektroda rutile dengan temperatur 40º C. Jadi dapat dikatakan bahwa penyimpanan, penanganan, dan perawatan elektroda tersebut sangat penting artinya karena dapat menjaga agar salutan dari elektroda tetap dalam kondisi yang baik. Karena elektroda dapat menyerap

embun (kelembaban udara) bila penyimpanannya tidak benar, dan dengan kelembaban ini akan berdampak hilangnya karakter elektroda serta kualitas endapan logam lasan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya *porosity* pada hasil lasan dan menambah lemahnya struktur lasan yang mengakibatkan retak pada saat pemakaian.

Masalah-masalah yang muncul akibat salutan elektroda yang terlalu lembab:

- Sulit dalam membuang terak.
- Salutan menjadi merah terbakar terutama jenis *cellulosa*.
- Terjadi *porosity* pada logam hasil lasan.
- Nyala busur menjadi tidak stabil.
- Percikan busur las berlebihan.
- Retak pada logam las atau pada daerah pengaruh panas (HAZ).

Elektroda yang lembab dapat direkondisi dan dikeringkan kembali untuk mengurangi kelembaban yang berlebihan. Tetapi bagaimanapun juga semua jenis elektroda memerlukan sedikit kelembaban dan bila terlalu kering juga dapat merusak elektroda tersebut dan berdampak pada performasinya.

Contoh:

- Elektroda *Rutile*

  Untuk memperoleh hasil pengelasan yang baik elektroda *rutile* perlu sedikit lembab, yang mana sudah direncanakan selama proses pembuatan, bahwa elektroda ini tidak boleh terlalu kering. Bila elektroda *rutile* ini menjadi lembab maka keringkan kembali pada temperatur 170° C selama 30 menit.
- Elektroda *Cellulosa*

  Elektroda *cellulosa* ini perlu sedikit lebih tinggi prosentase kelembabannya untuk memperoleh performasi yang lebih baik. Bila terlalu kering, tegangan busur listrik menjadi berkurang dan akan berakibat pada karakter pengoperasiannya.
- Elektroda *Low Hydrogen*



Apabila elektroda *low hydrogen* ini lembab, maka elektroda ini harus dikeringkan kembali pada temperatur antara 250º C sampai dengan 350º C selama 2 jam. Jangan melewati batas temperatur dan waktu maksimum yang diijinkan karena dapat menyebabkan perubahan kimia dalam salutannya yang akan berakibat perubahan secara tetap pada performasi elektroda tersebut.

- Elektroda bersalut serbuk besi (*Iron Powder*)

  Elektroda dengan bahan tambah salutan serbuk besi, bila mengalami kelembaban maka harus dikeringkan kembali pada temperatur 250º C selama 2 (dua) jam.

Catatan:

1. Temperatur di atas hanya merupakan petunjuk prosedur pengkondisian secara umum, sedangkan temperatur pengeringan elektroda yang lebih rinci dapat diperoleh dari petunjuk dan spesifikasi melalui supplier elektroda.
2. Ikutilah petunjuk temperatur yang disarankan oleh pabrik pembuat elektroda tersebut, jika kurang kering maka lembab tidak akan hilang, dan jika terlalu kering dapat mengubah sifat dan karakteistik pemakaian elektroda itu sendiri.
3. Buanglah semua elektroda yang tercemar udara lembab yang tinggi, dan jangan sekali-kali digunakan untuk mengelas material yang sensitif terhadap bahaya retak.

Pengetahuan dalam pemilihan elektroda merupakan suatu persyaratan mutlak yang harus dimiliki oleh setiap ahli las dan merupakan hal yang sangat dianjurkan bagi juru las yang baik dan berkualifikasi.

Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan, dan elektroda bukan besi (*non ferrous*). Namun elektroda berdasarkan fungsinya dalam kaitan dengan hubungan pengelasan, sebagai elektroda listrik yang habis terpakai (*consumable*), dikarenakan adanya loncatan busur nyala listrik yang diakibatkan adanya jarak yang sengaja dan dijaga ketetapan ukurannya antara elektroda tersebut dengan benda kerja. Elektroda ini ada yang langsung terpakai dan ada juga yang secara tidak

langsung, misalnya pada las TIG atau *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Elektroda langsung habis terpakai digunakan pada las busur listrik manual (*Shielded Metal Arc Welding* – SMAW), sedang pelindungnya dapat berupa gas yang berasal dari terbakarnya lapisan pelindung kimia (*coating*) elektroda tersebut atau berupa butir-butir (serbuk) zat pelindung oksidasi seperti yang digunakan pada las busur rendam (*Submerged Arc Welding* – SAW).

Elektroda yang tidak langsung habis terpakai biasanya terbuat dari logam tungsten, yang tahan terhadap panas yang sangat tinggi. Elektroda jenis ini dipakai hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik, yang nantinya dapat meleburkan logam induk dan logam tambah lainnya yang lazim disebut batang las (*welding rod*). Dan sebagai alat pelindung oksidasi dipakai berbagai jenis gas pelindung, seperti: argon, helium, gas plasma, dan lain–lain.

Bahan tambah yang berupa elektroda atau batang las haruslah terbuat dari logam yang sama dengan bahan induk atau yang cocok dan sesuai dengan logam dasar yang akan disambung. Di atas dicantumkan sketsa penampang suatu proses pengelasan SMAW. Disini tampak fungsi dari lapisan dan butir (serbuk) pelindung oksidasi yang berfungsi untuk melindungi cairan logam las maupun logam yang sedang panas membara dari proses oksidasi.

Lapisan pelindung oksidasi sewaktu terbakar menjadi cair dan sekaligus menghasilkan gas yang cukup banyak, sehingga dapat melindungi cairan las selama proses pengelasan berlangsung. Selanjutnya cairan zat lapisan pelindung tersebut ikut mencair dan mengalir ke dalam cairan las, yang dikarenakan adanya perbedaan berat jenis yang lebih kecil dari pada cairan logam, maka cairan lapisan pelindung tersebut mengapung di atas permukaan cairan las dan selanjutnya menutupi atau melindungi alur las (*weld head*) yang terjadi setelah cairan logam las membeku. Cairan lapisan pelindung tersebut ikut membeku dan berubah menjadi lapisan kerak yang keras dan rapuh, lazim disebut *slag* atau terak. *Slag* atau terak tersebut bersifat mudah pecah apabila mendingin, sehingga mempermudah pembuangannya setelah fungsi perlindungannya tidak diperlukan lagi.

Butir (serbuk) pelindung oksidasi sebenarnya juga terbuat dari bahan kimia yang sama dengan lapisan pelindung (*coating*), sehingga mencair dan



mengapung di atas cairan logam dan bersama-sama membeku serta sekaligus menutupi alur las yang terjadi di bawah tumpukan butir-butir pelindung oksidasi yang tidak ikut mencair. Jadi seandainya karena suatu dan lain hal butir-butir tersebut terhembus pergi sewaktu alur las belum mendingin, maka dijamin tidak akan terjadi proses oksidasi pada logam las karena adanya perlindungan lapisan terak atau *slag* tersebut.

Klasifikasi Elektroda

Adapun lapisan pelindung tersebut di atas terdiri dari beberapa jenis yang disesuaikan dengan maksud dan cara perlindungannya yang tepat untuk berbagai jenis pengelasan. Jenis – jenis lapisan pelindung yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- *High cellulose sodium.*
- *High cellulose potassium.*
- *Low hydrogren sodium.*
- *Low hydrogren potassium.*
- *Iron powder, low hydrogren.*
- *High iron oxide.*
- *High titania potasium.*
- *Iron powder, titania.*
- *High titania sodium.*
- *Low hidrogren potassium.*

Zat kimia lapisan pelindung dimaksudkan untuk menghasilkan gas sebanyak-banyaknya sewaktu mencair karena panas busur nyala listrik, dan setelah mendingin cairan kimia tersebut membeku atau mengeras menjadi sejenis terak yang disebut *slag*. Gas yang dihasilkan maupun terak (*slag*) yang terjadi tersebut dimaksudkan untuk melindungi bahan las dari pengaruh udara luar sewaktu dalam keadaan cair dan panas membara, karena hal tersebut akan dapat bereaksi dengan zat asam menjadi oksida yang praktis tidak mempunyai kekuatan mekanis sama sekali, sehingga keberadaannya di dalam sambungan las akan memperlemah sambungan tersebut. Dimana

dalam berbagai penggunaan lapisan pelindung (fluks) tersebut dapat dilihat pada tabel klasifikasi elektroda.

Simbol Elektroda dan Fungsinya

Berhubung sangat banyak jenis-jenis elektroda yang digunakan untuk berbagai jenis proses pengelasan, maka untuk memudahkan pemilihannya atau pengidentifikasiannya agar sesuai dengan bahan yang akan dilas dan cara pengelasannya, dibuatlah sistem simbol atau kode yang akan dapat mengidentifikasi jenis-jenis bahan lapisan pelindungnya, kekuatan mekanisnya, posisi atau cara pengelasannya, dan jenis arus serta polaritas listrik yang dikehendaki. Masing-masing negara industri maju menyusun simbol-simbol standar mereka masing-masing, dalam hal ini untuk keuntungan mereka sendiri, sehingga jumlah dan jenis simbol tersebut menjadi sangat banyak.

Namun demikian, dengan persetujuan diantara mereka, terdapat kesamaan-kesamaan ataupun kemiripan dalam sifat mekanis maupun susunan kimianya, sehingga dapat disusun suatu daftar konversi guna alternatif pemakaian seandainya suatu pihak atau pemilik menghendaki jenis elektroda buatan suatu negara tertentu. Dari masing-masing standar tersebut dijabarkan pula simbol-simbol pembuatan, yang selanjutnya pihak pabrik membuat tipe untuk keperluan penjualan mereka sendiri, sehingga jumlahnya makin bertambah saja, misalnya Lincoln tipe *fleetweld* 5P/E6010, Philips tipe C23H, dan lain-lain.

Bahan ajar ini disusun berdasarkan cara-cara dan metode yang berorientasi kepada AWS (*American Welding Society*), sehingga simbol-simbol yang dipakai di sini berdasarkan standar AWS tersebut. Berikut adalah daftar simbol/kode identifikasi elektroda dan batang las berdasarkan AWS. Adapun cara pembacaan sistem identifikasi tersebut adalah sebagai berikut:

E berarti Elektroda.

R berarti *Rod* atau batang las.

B berarti *Brazing* atau solder.

Cu berarti *Cuprum* atau tembaga.

Si berarti *Silicon* atau silisium.

Bahan las jenis hidrogen rendah (*low hydrogen*), seperti E 7015, E 7016, E 7018, E 7028 dan E 7048, mengandung sejumlah gas hidrogen

beberapa saat setelah dilaskan. Gas hidrogen ini secara perlahan-lahan akan menghilang sebagian besar setelah 2 hingga 4 minggu pada suhu kamar, atau setelah 24 hingga 48 jam pada suhu 95 hingga 105 C. Perubahan kandungan hidrogen ini tidak akan mempengaruhi kuat batas mulur (*yield strenght*), kuat tarik (*tensile strenght*) dan kuat tumbuk (*impact strenght*), kecuali duktilitasnya bertambah.

Toleransi Ukuran dari Elektroda

Toleransi garis tengah kawat inti (*core*) berkisar ± 0,002 inchi atau ± 0,05 mm dari ukuran standar. Toleransi kawat inti berkisar ± 1/4 inchi (± 6,35 mm). Lapisan pelindung harus konsentrasi terhadap kawat inti dengan toleransi ukuran kawat inti maks +1 dan ukuran antara kawat inti min +1 tidak melebihi 7% ukuran rata-rata untuk garis tengah 1/16”; 5/64”; dan 3/32” (1,6 mm; 2,0 mm; dan 2,4 mm), 5% ukuran rata-rata untuk garis tengah 1/8” dan 5/32” (3,2 mm dan 4 mm), 4% ukuran rata-rata untuk garis tengah 3/16” (4,8 mm) ke atas.

Kandungan Air

Kandungan air maksimum untuk lapisan pelindung elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* (E 7016, E 7018, E 7028, dan E 7048) sebagai aslinya dari pabrik pembuat atau setelah kondisi fisiknya diperbaiki kembali tidak boleh melebihi 0,6% dari berat semula.

Bagian Elektroda yang Tidak Berlapis Pelindung

Bagian elektroda yang tidak berlapis/bersalut yang dimaksudkan untuk nantinya dijepit oleh holder atau pemegang elektroda las adalah sebagai berikut:

Tabel Ukuran bagian-bagian elektroda

Ukuran Elektroda	Bagian tidak bersalut	Jarak holder ke lapisan/salutan
5/32” (4,0 mm)	½” (13 mm)	1 ¼” (30 mm)
3/16” (4,8 mm)	¾” (19 mm)	1 ½ “ (40 mm)

Untuk pengumpan (*feeder*) yang otomatis, bagian elektroda yang tidak bersalut untuk holder atau pemegang tidak boleh kurang dari 1" (25,4 mm), dan ujung elektroda harus terbuka. Sisi salutan atau lapisan pelindung pada ujung elektroda tersebut harus diserongkan untuk dapat memudahkan penggoresan atau perolehan busur nyala pendahuluan. Salutan tersebut harus menyelubungi kawat inti paling sedikit ½ lingkaran kawat tersebut dari nyala busur listrik dengan jarak yaitu sebagai berikut:

- Untuk elektroda *low hydrogen* ½ garis tengah kawat atau 1/16" (1,6 mm) pilih yang terkecil
- Untuk jenis elektroda lainnya 2/3 garis tengah kawat atau 3/32" (2,4 mm) pilih yang terkecil.

Perbaikan Kondisi Fisik

Semua jenis elektroda diuji dalam keadaan sebagaimana diterima dari pemasok, kecuali jenis *low hydrogen*. Untuk jenis *low hydrogen* ini bila diterima dalam keadaan kurang menyakinkan atau tidak cukup terlindung dari kelembaban sewaktu penyimpanan, harus selalu dipanaskan terlebih dahulu di dalam oven elektroda, sebelum dipakai untuk pengujian, yakni dipanaskan pada suhu 500^{o} F hingga 800^{o} F atau 260^{o} C hingga 427^{o} C selama kurang lebih 2 jam.

Pengujian Elektroda

Semua jenis elektroda diuji untuk dapat menentukan mutu, yakni apakah sesuai dengan semua persyaratan suatu elektroda las tersebut atau tidak. Adapun cara atau proses pengujiannya adalah sebagai berikut:

- Uji analisis kimiawi, dimana komposisi kimia elektroda baja karbon tidak boleh melebihi limitasi-limitasi yang tertera pada tabel limit komposisi logam las.
- Uji mekanis, dimana uji mekanis tersebut meliputi uji tarik bahan yang sudah dilas secara tranversal.
- Uji pukul takik (charphy v-notch impact test).
- Uji lengkung, dimana bahan yang sudah dilas secara longitudinal terarah (longitudinal guided bend test).



- Uji las fillet, dimana setelah bahan dilas secara fillet hasil lasan diuji dari sifat ujudnya (*visual check*) untuk menentukan apakah las fillet bebas dari retakan, *overlap*, terak terperangkap (*slag inclusion*), porositas permukaan, dan *undercut* yang lebih dalam dari 1/32” (0,8 mm).

Kecembungan (*convex*) dan panjang kakinya harus sesuai dengan yang tertera pada tabel berikut ini:

Tabel Syarat ukuran las fillet untuk pengujian elektroda

UKURAN LAS FILLET		KECEMBUNGAN MAKSIMUM		BEDA MAKSIMUM PANJANG KAKI-KAKI LAS FILLET	
inchi	mm	inchi	mm	inchi	mm
1/8	3.2	3/64	1.2	1/32	0.8
5/32	4.0	3/64	1.2	3/64	1.2
7/16	4.8	1/16	1.6	1/16	1.6
7/32	5.6	1/16	1.6	5/64	2.0
1/4	6.4	1/16	1.6	3/32	2.4
9/32	7.1	1/16	1.6	7/64	2.8
5/16	8.0	5/64	2.0	1/8	3.2
11/32	8.7	5/64	2.0	9/64	3.6
3/8	9.5	5/64	2.0	5/32	4.0

Ukuran standar dan panjang elektroda tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 3. Ukuran standar dan panjang elektroda

Ukuran standar kawat inti		Klasifikasi Panjang Standar			
		E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6022, E 7014, E 7015, E 7016, E 7018		**E 6020, E 6027, E 7024, E 7027, E 7028, E 7048**	
inchi	mm	inchi	mm	inchi	mm
1/16	1.6	––	230	––	––
5/64	2.0	9/12	230/300	––	––
3/32	2.4	12/14	300/350	12/14	300/350
1/8	3.2	14	350	14	350
5/32	4.0	14	350	14	350
3/16	4.8	14	350	14/18	350/450
7/32	5.6	14/18	350/450	18/28	450/700
1/4	6.4	18	450	18/28	450/700
5/16	8.0	18	450	18/28	450/700

Perlakuan Panas pada Elektroda

Apabila suatu deposit las diberi perlakuan panas, maka suhu dan waktu rendam (*soaking time*) adalah selama deposit las tersebut berada pada suhu yang dikehendaki untuk menghilangkan tegangan yang sangat berperan penting. Dimana batas mulur dan kuat tarik suatu bahan baja biasanya berkurang dengan naiknya suhu dan berjalannya waktu rendam. Sebagai contoh, dua buah benda



las yang sama-sama dilas dengan elektroda *low hydrogen* dengan klasifikasi yang sama, maka WPS (*Welding Procedure System*) sama dan suhu antar panas juga sama, yaitu 300 $^{\pm 25^\circ}$ F (150 $^{\pm 14^\circ}$ C), akan berbeda kuat tariknya apabila yang satu diselesaikan tanpa perlakuan panas, sedangkan yang lain diberi perlakuan panas setelah usai dilas. Kuat tarik sambungan las yang diberikan perlakuan panas 1.150 $^{\pm 25^\circ}$ F (620 $^{\pm 14^\circ}$C) menjadi 5.000 Psi lebih rendah dari yang tidak mendapat perlakuan panas usai dilas, dan batas mulurnya menjadi 10.000 Psi lebih rendah dari yang tanpa perlakuan panas. Sebaliknya jika kedua-duanya mendapat perlakuan panas yang agak berbeda, kedua sambungan las tersebut akan memiliki batas mulur dan kuat tarik yang hampir sama, misalnya yang satu diberi perlakuan panas 1.150 $^{\pm 25^\circ}$ F dengan suhu antar panas 300 $^{\pm 25^\circ}$ F (150 $^{\pm 14^\circ}$ C) dan waktu rendam 1 jam, dan yang lain diberi perlakuan panas 1.150 $^{\pm 25^\circ}$ F dan suhu antar panas 200 hingga 225° F (93° C hingga 107° C) serta waktu rendam 8 hingga 10 jam.

Kandungan Air pada Salutan/Lapisan Pelindung (*Coating*)

Elektroda dibuat dengan limit kandungan air pada salutannya yang dapat diterima tergantung dari jenis salutan dan kekuatan kawat intinya. Elektroda *low hydrogen* E 7016, E 7018, E 7028, dan E 7048 sangat peka terhadap penyerapan air. Salutan organiknya dirancang untuk mengandung sangat sedikit kelembaban sehingga penyimpanannya harus sangat teliti atau hati-hati. Kandungan air maksimum yang diperbolehkan untuk jenis elektroda ini hanya 0,6%. Jika ternyata elektroda pernah diletakkan pada lokasi yang terbuka sehingga diperkirakan kelembaban elektroda melebihi batas yang diperbolehkan, maka agar dapat digunakan kembali elektroda tersebut harus dipanaskan lagi hingga 800° F (425° C) selama 2 jam untuk dapat menghilangkan kandungan air tersebut.

Berikut adalah tabel syarat-syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda.

Tabel Syarat-syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda

Klasifikasi AWS	Udara luar	Oven Penyimpanan	Pengeringan
E 6010, E 6011	Suhu udara luar	Tidak disyaratkan	Tidak disyaratkan
E 6012, E6013, E 6020, E 6022, E 7027, E 7014, E 7024	$80^{\pm 20^\circ}$ F ($30^{\pm 10^\circ}$ C) dengan kelembaban relatif maks. 50%	20 F (10 C) hingga 40 F (20 C) di atas suhu udara di luar	$275^{\pm 25^\circ}$F ($135^{\pm 15^\circ}$C) selama 1 jam waktu rendam
E 7015, E 7016 E 7018, E7028, E7048	$80^{\pm 20^\circ}$F ($30^{\pm 10^\circ}$ C) dengan kelembaban relatif maks. 50%	50 F (30 C) hingga 250 F (140 C) di atas suhu udara luar	$475^{\pm 25^\circ}$F ($245^{\pm 15^\circ}$C) selama 2 jam waktu rendam

Untuk pengelasan pada daerah-daerah sub tropis maupun daerah dingin, khususnya pada musim dingin, maka diperlukan pemanasan pendahuluan bagi setiap pengelasan, demikian juga isolasi untuk memperlambat pendinginan guna mencegah proses *quenching* (penyepuhan). Untuk pengelasan di daerah pantai yang anginnya cukup besar, maka sebelum pengelasan, kampuh harus benar-benar bersih dan kering untuk mencegah proses pengaratan akibat titik-titik air garam yang terhembus angin dan mengumpul di dalam kampuh-kampuh las.

Tabel Limit komposisi kimiawi bahan elektroda



Klasifikasi AWS	Persentase maksimum komposisi kimiawi					
	Mn	**Si**	**Ni**	**Cr**	**Mo**	**V**
E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6020, E 6022, E 6027	Tidak ada limit spesifik					
E 7016, E 7018, E 7027	1.60	0.75	0.3	0.2	0.3	0.08
E 7014, E 7015, E 7024, E 7028, E 7048	1.25	0.9	0.3	0.2	0.3	0.08

Kodefikasi Elektroda

Tanda/kode untuk elektroda las telah dinormalisasikan menurut standart, hal ini dimaksudkan untuk meringankan tukang las dalam memilih elektroda dan mempergunakannya.

Contoh tanda dari elektroda las (Normalisasi menurut D I N 1913):

E 51 2 2 R R 6 DIN1913

E 43 2 2 R(C) 3 DIN1913

- E — Tanda singkatan untuk elektroda SMAW.
- 43 — Tanda tegangan tarik minimal. Hanya ada kedua tanda angka 43 dan 51.
- 2 — Tanda angka untuk pengembangan dan pukul takik. Ada enam tanda angka dari 0– 5. Sesuai tanda angka, maka tiap kali ada ketetapan suhu percobaan ada ketentuan minimal dari pengembangan dan pukul takik.
- 2 — Tanda angka untuk pukul takik yang semakin tinggi. Ada enam tanda angka dari 0 – 5. Sesuai dengan tanda angka, pada tiap ketentuan suhu percobaan ada ketentuan kenaikan pukul takik minimal.
- R(C) — Tanda singkatan untuk tipe selubung / fluks / coating. Dari empat tipe dasar (A, R, B, C) tersusun sepuluh macam tanda singkatan tipe.
- 3 — Tanda angka untuk klasifikasi. Ada dua belas tanda angka dari 1 – 12.
- DIN1913 — Normalisasi elektroda las menurut DIN.



Selubung (fluks/coating) elektroda

Batang elektroda dibedakan berdasarkan pada tebal selubung dan tipe selubungnya. Ketentuan-ketentuan yang diperlukan tersebut dapat dibaca pada tanda-tanda yang ada pada elektroda.

E 51 22 <u>RR</u> <u>6</u> DIN1913

Tanda singkat untuk tipe selubung ← → Tanda singkat untuk klasifikasi

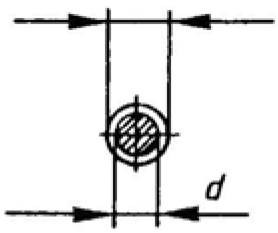
Berdasarkan ketebalan dari selubungnya orang dapat mengenal selubung tipis dan selubung tebal, dimana angka pengenal untuk klasifikasi menunjukkan makin tebal selubung maka tanda angkanya semakin besar.

- Angka 1 dan 2 menunjukkan selubungnya tipis.
- Angka 3 dan 4 menunjukkan selubungnya sedang.
- Angka 5 sampai 10 menunjukkan selubungnya tebal.
- Angka 11 dan 12 menunjukkan elektroda tersebut berkekuatan tinggi.

Dengan meningkatnya tebal selubung elektroda, maka sifat mekanis dari hasil pengelasan dan bahan lasnya akan semakin tinggi.

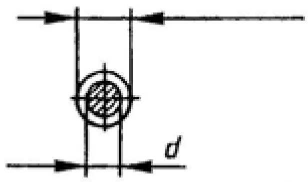
D = sampai 1,2 d

Selubung



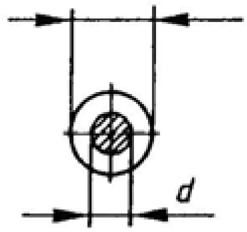
D = 1,2 d – 1,55 d

Selubung



D = di atas 1,55

Selubung tebal



d = diameter batang inti

D = diameter luar

Gambar Macam-macam selubung elektroda

Disamping dari ketebalan selubung, jenis dan tipe dari selubung juga dapat mempengaruhi kualitas kampuh atau hasil lasan. Tanda singkatan untuk tipe selubung tersebut terdiri dari empat huruf.

Dalam garis besarnya huruf tersebut berarti:

A = Kadar besi (Fe) tinggi.

B = Kadar mangan (Mn) sifat basanya tinggi.

C = Kadar selulose tinggi.

R = Kadar mineral rutil tinggi.

Sedangkan jenis-jenis selubung antara lain:

A = Jenis selubung asam.

R = Jenis selubung rutil (tipis dan sedang).

RR = Jenis selubung rutil (tebal).

AR = Jenis selubung rutil asam (tipe campuran).

C = Jenis selubung selulosa.

R (C) = Jenis selubung rutil selulosa (sedang).

RR (C) = Jenis selubung rutil selulosa (tebal).

B = Jenis selubung basa.

B (C) = Jenis selubung basa dengan bagian tak basa.

RR (B) = Jenis selubung rutil basa (tebal).

Beberapa huruf yang berbeda menunjukkan pada kode suatu jenis campuran, dimana jenis selubung tersebut dapat mempengaruhi pencairan dari bahan

tambahnya. Dan juga mudah atau tidak mudahnya pencairan terak las tersebut tergantung pada jenis dari selubungnya.

Tabel Klasifikasi elektroda menurut standarisasi AWS

Klasifikasi AWS	Jenis Kimia Pelindung	Posisi Pengelasan yang Paling Sesuai	Jenis Arus Listrik
Elektroda seri E 60			
E 6010	*High cellulose sodium*	Semua posisi	DC +
E 6011	*High cellulose potassium*	Semua posisi	AC atau DC +
E 6012	*High titania sodium*	Semua posisi	AC atau DC –
E 6013	*High titania potassium*	Semua posisi	AC atau DC ±
E 6020	*High iron oxide*	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC –
E 6022	*High iron oxide*	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±
E 6027	*High iron oxide, iron powder*	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±
Elektroda seri E 70			
E 7014	*Iron powder, titania*	Semua posisi	AC atau DC ±
E 7015	*Low hydrogen sodium*	Semua posisi	DC +
E 7016	*Low hydrogen potassium*	Semua posisi	AC atau DC +
E 7018	*Low hydrogen potassium, iron powder*	Semua posisi	AC atau DC +
E 7024	*Iron powder, titania*	Datar, horisontal las sudut	
E 7027	*High iron oxide, iron*	Datar, horisontal las	

E 7028	*powder* *Low hydrogen* *potassium, iron powder*	sudut Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ± AC atau DC ± AC atau DC +
Seri E 70 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 70.000 psi (480 Mpa)			
E 7010-X **E 7011-X** **E 7015-X** **E 7016-X** **E 7018-X** **E 7020-X** **E 7027-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose* *potassium* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low* *hydrogen* *High iron oxide* *Iron powder, iron oxide*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Datar, horisontal las sudut Datar, horisontal las sudut	DC + AC atau DC + DC + AC atau DC + AC atau DC + AC atau DC ± AC atau DC ±
Seri E 80 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 80.000 psi (550 Mpa)			
E 8018-X **E 8011-X** **E 8013-X** **E 8015-X** **E 8016-X** **E 8018-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose* *potassium* *High titania potassium* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC ± DC + AC atau DC +



	hydrogen		AC atau DC +
Seri E 90 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 90.000 psi (620 Mpa)			
E 9010-X **E 9011-X** **E 9013-X** **E 9015-X** **E 9016-X** **E 9018-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose* *potassium* *High titania potassium* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low* *hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC ± DC + AC atau DC + AC atau DC +
Seri E 100 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 100.000 psi (690 Mpa)			
E 10010-X **E 10011-X** **E 10013-X** **E 10015-X** **E 10016-X** **E 10018-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose* *potassium* *High titania sodium* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low* *hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC ± DC + AC atau DC + AC atau DC +
Seri E 110 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 110.000 psi (760 Mpa)			
E 11015-X **E 11016-X** **E 11018-X**	*Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC

	hydrogen		+
Seri E 120 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 120.000 psi (830 Mpa)			
E 12015-X **E 12016-X** **E 12018-X**	*Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low* *hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC +

Bagan klasifikasi elektroda menurut standarisasi AWS:

1 Huruf	2 atau 3 Angka	1 Angka	1 Angka
E	• Kekuatan tarik • Titik luluh • Regangan	Posisi	Selubung/fluks

Simbol	**Posisi**
1	Semua posisi
2	Datar dan horisontal las sudut
3	Hanya untuk posisi datar

Jenis Selubung, Arus, dan Polaritas

Simbol	Kekuatan Tarik min. dalam psi (kg/mm^2)	Titik Luluh min. dalam psi	Regangan dalam %/2”
E 60 XX	60.000 (42)	50.000	22
E 70 XX	70.000 (49)	60.000	22
E 80 XX	80.000 (56)	67.000	19
E 90 XX	90.000 (63)	77.000	17



E 100 XX	100.000 (70)	87.000	16
E 110 XX	110.000 (77)	97.000	–

Jenis selubung, arus, dan polaritas:

E XXX 0 → Elektroda las selulosa natrium tinggi (DC +).

E XXX 1 → Elektroda las selulosa kalium tinggi (AC atau DC +).

E XXX 2 → Elektroda las natrium titania tinggi (AC atau DC –).

E XXX 3 → Elektroda las kalium titania tinggi (AC atau DC ±).

E XXX 4 → Elektroda las titania, serbuk besi (AC atau DC ±).

E XXX 5 → Elektroda las natrium hidrogen rendah (DC +).

E XXX 6 → Elektroda las kalium hidrogen rendah (AC atau DC +).

E XXX 7 → Elektroda las serbuk besi, oksida besi (AC atau DC ±).

E XXX 8 → Elektroda las serbuk besi, hidrogen rendah (AC atau DC+).

Contoh:

E 60 XX, E 70 XX → untuk *mild steel* atau *carbon steel*

E 80 XX → ke atas untuk baja paduan

E 308 – 15 → untuk baja tahan karat

3.3 Rangkuman

1. Pada las busur listrik manual (SMAW), elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus, dimana terdiri dari batang kawat (inti) dan salutannya (flux).
2. Salutan (fluks) dari elektroda berfungsi sebagai pelindung, yang mana dapat melindungi cairan las dari pengaruh udara luar.
3. Penyimpanan, penanganan, dan perawatan elektroda sangat penting artinya karena dapat menjaga agar salutan dari elektroda tetap dalam kondisi yang baik.
4. Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan, dan elektroda bukan besi (*non ferrous*).

5. Bahan tambah yang berupa elektroda atau batang las haruslah terbuat dari logam yang sama dengan bahan induk atau yang cocok dan sesuai dengan logam dasar yang akan disambung.
6. Kandungan air untuk lapisan pelindung elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* tidak boleh melebihi 0,6% dari berat semula.
7. Elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* sebelum digunakan, sebaiknya dipanaskan terlebih dahulu di dalam oven elektroda pada suhu 260^o C hingga 427^o C selama kurang lebih 2 jam.
8. Macam-macam pengujian elektroda meliputi uji analisis kimiawi, uji mekanis, uji pukul takik, uji lengkung, dan uji las fillet.
9. Tanda/kode untuk elektroda las telah dinormalisasikan menurut standart, hal ini dimaksudkan untuk meringankan tukang las dalam memilih elektroda dan mempergunakannya.

3.4 Tugas

Pada las busur listrik manual, bahan tambah yang digunakan sering disebut dengan elektroda. Mari kita cari tahu tentang elektroda SMAW sebanyak-banyaknya! Ambil satu batang elektroda SMAW! Kemudian, perhatikan elektroda yang berada di tanganmu! Apa yang kamu ketahui tentang elektroda SMAW? Tuliskan pendapatmu!

Dengan cara yang sama, lakukan pada jenis elektroda yang lain!

3.5 Tes Formatif

Jawablah soal-soal di bawah ini dengan baik dan benar!

1. Sebutkan bagian-bagian dari elektroda las SMAW!
2. Sebutkan fungsi dari salutan/fluks yang terdapat pada elektroda las SMAW!
3. Apa pengaruhnya bila saat proses pengelasan menggunakan elektroda yang sangat lembab?
4. E 7016 dan E 7018 merupakan simbol atau kode elektroda yang dikeluarkan oleh …
5. Sedangkan E 51 22 RR 6 DIN 1913 merupakan simbol atau kode elektroda yang dikeluarkan oleh ….
6. Berapakah kandungan air maksimum yang diperbolehkan pada elektroda baja karbon jenis *low hydrogen*?



7. Jelaskan macam-macam pengujian pada elektroda!
8. Jelaskan macam-macam elektroda berdasarkan ketebalan selubungnya!
9. Jelaskan empat huruf sebagai tanda singkatan untuk tipe selubung!
10. Jelaskan penunjukkan masing-masing angka pada klasifikasi elektroda E 7016!

3.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

1. . ...
2. . ...
3. . ...
4. . ...
5. . ...
6. . ...
7. . ...
8. . ...
9. . ...
10. . ...

3.7 Lembar Kerja Peserta Didik

No.	Tipe Elektroda	Uraian



Kegiatan Belajar 4 : Prosedur Pengelasan

4.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini peserta didik memahami prosedur pengelasan posisi bawah tangan dengan benar.

4.2 Uraian Materi

Prosedur pengelasan yang benar dan sesuai merupakan salah satu hal terpenting untuk mencapai kualitas pengelasan secara maksimum dan efisien/ ekonomis. Oleh sebab itu sebelum dilakukan pengelasan, maka perlu ditetapkan terlebih dahulu prosedur pengelasannya agar proses dan hasil las dapat mencapai standar yang diharapkan.

Prosedur Umum

Secara umum, prosedur-prosedur yang harus dilakukan setiap kali akan, sedang dan setelah pengelasan adalah meliputi hal-hal berikut ini :

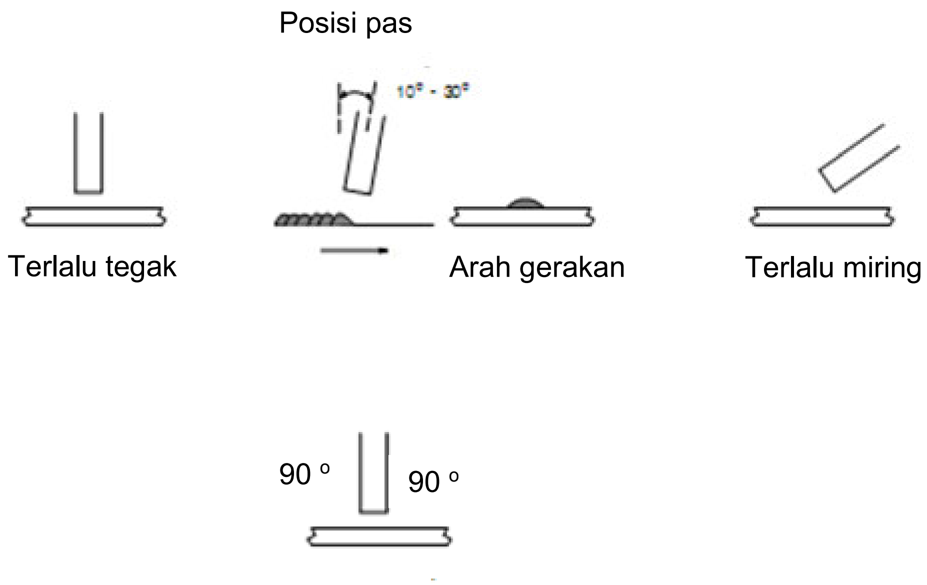
- Adanya prosedur pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) dan prosedur penanganan kebakaran yang jelas/tertulis.
- Periksa sambungan-sambungan kabel las, yaitu dari mesin las ke kabel las dan dari kabel las ke benda kerja / meja las serta sambungan dengan tang elektroda.. Harus diyakinkan, bahwa tiap sambungan terpasang secara benar dan rapat.
- Periksa saklar sumber tenaga, apakah telah dihidupkan.
- Pakai pakaian kerja yang aman.
- Konsentasi dengan pekerjaan.
- Setiap gerakan elektroda harus selalu terkontrol.
- Berdiri secara seimbang dan dengan keadaan rileks.
- Periksa, apakah penghalang sinar las/ ruang las sudah tertutup secara benar.
- Tempatkan tang elektroda pada tempat yang aman jika tidak dipakai.
- Selalu gunakan kaca mata pengaman (bening) selam bekerja.
- Bersihkan terak dan percikan las sebelum melanjutkan pengelasan berikutnya.
- Matikan mesin las bila tidak digunakan.

- Jangan meninggalkan tempat kerja dalam keadaan kotor dan kembalikan peralatan yang dipakai pada tempatnya.

Lakukan persiapan bahan las dan kampuh las seperti pada ***kegiatan belajar 1*** sampai mendapat kan bahan yang sudah siap dilakukan pengelasan. Bahan yang sudah las ikat kemudian ditempatkan untuk pengelasan posisi bawah tangan.

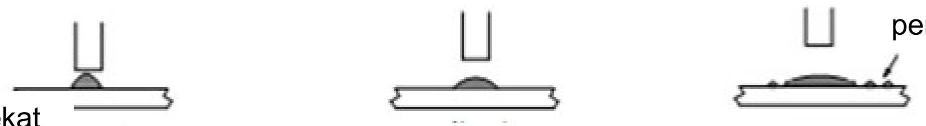
Penempatan Bahan Las dan Posisi Elektroda

Penempatan bahan pada pengelasan pelat posisi di bawah tangan adalah posisi di mana bahan atau bidang yang dilas ditempatkan secara rata (*flat*) atau dibawah tangan, baik pada sambungan sudut maupun pada sambungan tumpul.

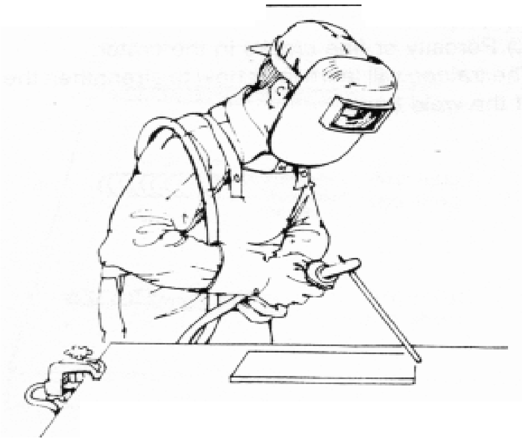


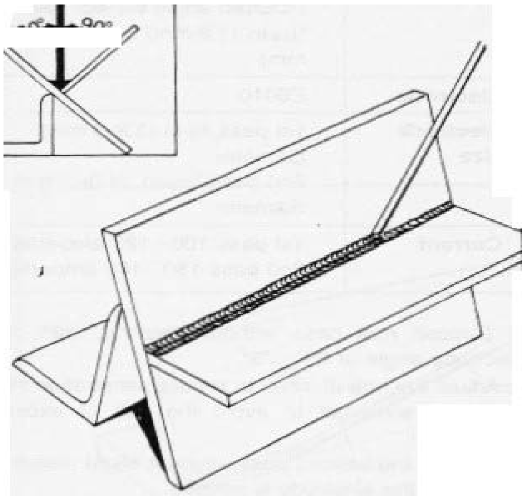
Gambar posisi elektroda untuk pengelasan

Jarak antara elektroda dengan benda kerja kurang lebih sama dengan diameter inti elektroda.



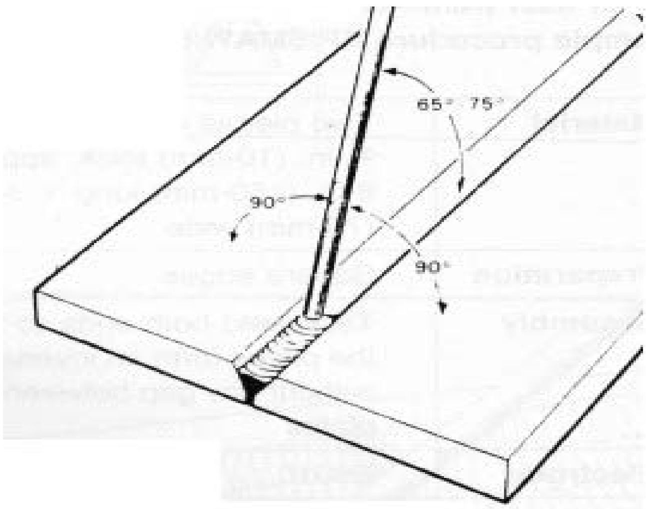
Gambar jarak elektroda terhadap benda kerja





Gambar Penempatan bahan dimeja kerja

Gambar Penempatan bahan dan elektroda pada sambungan T posisi bawah tangan



Gambar Penempatan bahan dan elektroda pada sambungan tumpul posisi flat

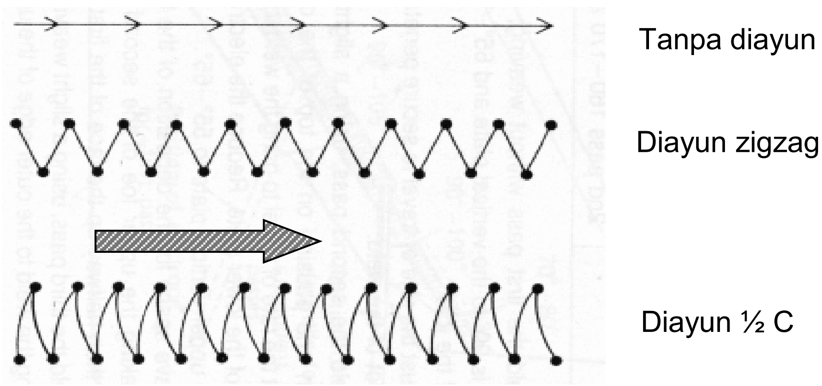
Arah dan Gerakan Elektroda

Arah pengelasan (elektroda) pada proses las busur manual adalah arah mundur atau ditarik, sehingga bila operator las menggunakan tangan kanan, maka arah pengelasan adalah dari kiri ke kanan. Demikian juga sebaliknya, jika menggunakan tangan kanan, maka tarikan elektroda adalah dari kanan ke kiri. Namun, pada kondisi tertentu dapat dilakukan dari depan mengarah ke tubuh operator las.

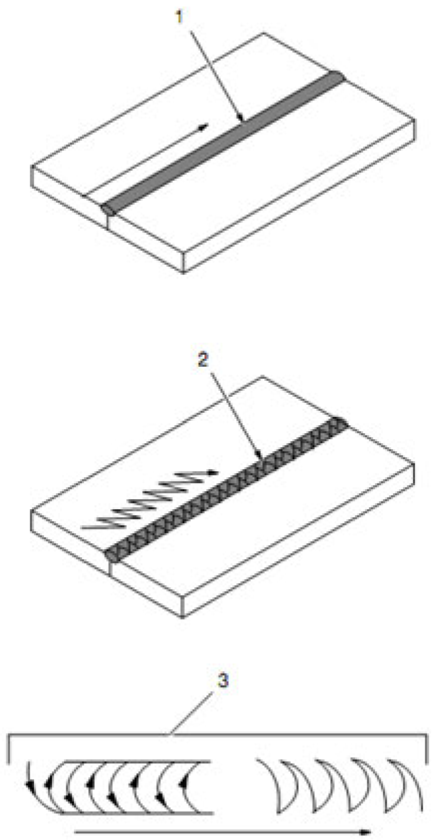
Dalam hal ini, yang terpenting adalah sudut elektroda terhadap garis tarikan elektroda sesuai dengan ketentuan (prosedur yang ditetapkan) dan busur serta cairan logam las dapat terlihat secara sempurna oleh operator las.

Pada pengelasan **sambungan T** maupun pada **sambungan tumpul** posisi **di bawah tangan** secara umum untuk jalur pertama adalah ditarik tanpa ada ayunan elektroda, tapi untuk jalur kedua dan selanjutnya sangat tergantung pada kondisi pengelasan itu sendiri, sehingga dapat dilakukan ayunan atau tetap ditarik seperti jalur pertama.

Sedangkan pada posisi **horizontal**, baik untuk sambungan sudut / T atau sambungan tumpul secara umum tidak dilakukan ayunan/ gerakan elektroda (hanya ditarik) dengan sudut yang sesuai dengan prosedurnya.



Gambar Arah dan Gerakan Elektroda posisi bawah tangan



Untuk pengelasan pada celah sempit digunakan gerakan lurus sedang kan untuk alur yang lebar menggunakan gerakan elektroda dengan ayunan.
1. Gerakan elektroda lurus
2. Gerakan elektroda zig – zag.
3. Gerakan elektroda gelombang.

Gunakan pola Zig – zag atau gelombang untuk menutupi lebar daerah lasan yang luas. Batas lebar ayunan maksimum maksimum 2-1/2 kali diameter elektroda.

Gambar Arah dan Gerakan Elektroda posisi bawah tangan

4.3 Rangkuman

- Prosedur umum yang harus dilakukan setiap kali akan, sedang dan setelah pengelasan adalah meliputi hal-hal berikut ini :
  - Adanya prosedur pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) dan prosedur penanganan kebakaran yang jelas/tertulis.
  - Periksa sambungan-sambungan kabel las, yaitu dari mesin las ke kabel las dan dari kabel las ke benda kerja / meja las serta sambungan dengan tang elektroda.. Harus diyakinkan, bahwa tiap sambungan terpasang secara benar dan rapat.
  - Periksa saklar sumber tenaga, apakah telah dihidupkan.
  - Pakai pakaian kerja yang aman.
  - Konsentasi dengan pekerjaan.
  - Setiap gerakan elektroda harus selalu terkontrol.



- Berdiri secara seimbang dan dengan keadaan rileks.
- Periksa, apakah penghalang sinar las/ ruang las sudah tertutup secara benar.
- Tempatkan tang elektroda pada tempat yang aman jika tidak dipakai.
- Selalu gunakan kaca mata pengaman (bening) selam bekerja.
- Bersihkan terak dan percikan las sebelum melanjutkan pengelasan berikutnya.
- Matikan mesin las bila tidak digunakan.
- Jangan meninggalkan tempat kerja dalam keadaan kotor dan kembalikan peralatan yang dipakai pada tempatnya.

❖ Arah pengelasan (elektroda) pada proses las busur manual adalah arah mundur atau ditarik.

4.4 Tugas

Jarak elektroda

Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu :

- Melakukan penyalaan elektroda dengan sudut elektroda yang benar
- Menganalisis hasil las dengan berbagai jarak pengelasan dengan amper sama.
- Menetapkan atau mengambil kesimpulan tentang jarak elektroda dengan benda kerja yang sesuai dengan diameter suatu tipe elektroda.

Alat dan Bahan

3. Alat :
   - Seperangkat mesin las busur manual
   - Peralatan bantu
   - Peralatan keselamatan & kesehatan kerja



4. Bahan :
   - Pelat baja lunak, ukuran 8 x 100 x 200 mm, 1 buah
   - Elektroda jenis rutile (E 6013) : ∅ 2,6 ; ∅ 3,2 dan ∅ 4,0 mm

Langkah Kerja

9. Menyiapkan 1 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 100 x 200 x 8 mm .
10. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
11. Melukis beberapa garis jalur las dengan jarak ± 20 mm menggunakan kapur dan/atau penitik garis.
12. Mengatur amper mengelasan dengan mengacu pada ketentuan yang disarankan untuk tiap ukuran diameter elektroda. (lihat tabel)

Tabel diameter dan arus pengelasan

DIAMETER ELEKTRODA		**BESAR ARUS**
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper

13. Melakukan penyalaan (membuat jalur las) menggunakan elektroda E 6013 diameter 2,6 mm dengan besar amper las yang yang sesuai, kemudian coba lakukan pengelasan dengan jarak yang dekat, jarak yang jauh dan jarak antara dekat dan jauh. kemudian amati perubahan terhadap hasil las yang diperolehkemudian buat laporan pada tabel di bawah ini.
14. Membandingkan hasil las yang dibuat, sehingga dapat disimpulkan perbedaan jarak pengelasan yang baik.

JIKA ADA MASALAH, HUBUNGI BEMBIMBING PRAKTIK!

15. Melakukan pengelasan dengan menggunakan elektroda yang lain dengan cara dan langkah kerja yang sama.



16. Menyimpulkan temuan tersebut, sehingga Anda punya ketetapan sendiri tentang besarnya amper las untuk tiap ukuran diameter elektroda.

4.5 Tes Formatif

K. Jelaskan bagaimana prosedur umum melakukan pengelasan (akan, sedang dan setelah pengelasan)!

L. Bagaimana sudut-sudut posisi elektroda untuk pengelasan plat dibawah tangan, gambarkan!

M. Apakah pengaruh gerakan elektroda pada saat pengelasan terhadap hasil rigi-rigi las!

N. Jelaska peralatan K3 yang harus digunakan pada pengeasan!.

O. Jelaskan pengaruh jarak elektroda dengan benda kerja terhadap proses dan hasil pengelasan!

4.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....
4. ....
   ....
   ....
   ....



4.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan hasil proses percobaan jarak elektroda / mencoba elektroda.

Nama Pekerjaan :
Nama Peserta :
Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul …………..
Selesai tanggal ……….. pukul …………….

	VARIASI JARAK			
∅ ELEKTRODA	**Jauh**	**diantara**	**dekat**	**Ket.**
2,6 mm				
3,2 mm				
4,0 mm				

A
nalisis masing - masing hasil pengelasan pada diameter elektroda dan ampere yang sama.
Pada jarak tertentu apakah pengaruh terhadap hasil pengelasan, percikan las, kesetabilan busur las.
Diskusikan secara berkelompok kemudian hasilnya dipresentasikan di depan kelas.



Kegiatan Belajar 5 : Teknik Pengelasan Rigi-rigi

5.1 Tujuan Pembelajaran :

Peserta dapat mengelas bentuk rigi-rigi / alur las dalam posisi datar di bawah tangan dengan baik dan benar melalui pengamatan dan latihan.

5.2 Uraian Materi

Pengelasan rigi-rigi merupakan dasar dari pengelasan. Pada proses ini siswa dilatih untuk melakukan pembuatan jalur las, melatih kesetabilan tangan dalam menghidupkan, menjalankan, serta menghentikan pengelasan. Pasda proses pengelasan SMAW untuk mengelas jalur yang panjang dibutuh kan beberapa batang elektroda sehingga menyambung jalur las mutlak dibutuhkan oleh karena itu sangant penting peserta didik berlatih menyambung jalur pengelasan.

Untuk latihan teknik pengelasan rigi – rigi dibutuhkan :

Bahan :

Pelat St. 37 200 X 100 X 8 mm.
Elektroda Rutil / E 6013 ; Ø 3,2 mm.

Waktu :

6 (enam) JP.

Alat – Alat :

- Perlengkapan las busur listrik manual.
- Sikat baja.
- Pahat datar.
- Palu terak.
- Sarung tangan.
- Apron.
- Topeng pelindung.
- Kaca mata bening.
- Alat menggaris.
- Tang panas.

Keselamatan Kerja :

Untuk melindungi mata secara lengkap, disamping menggunakan topeng las sebagai pelindung selama mengelas, pergunakan juga kaca mata putih / bening selama membersihkan terak las.

Langkah Kerja :

1. Berilah tanda jarak pengelasan pada benda kerja.
2. Nyalakan busur listrik lewat sentuhan atau goresan.
3. Bersihkan terak las.
4. Bersihkan hasil pengelasan.
5. Lanjutkan latihan mengelas (membuat rigi-rigi las) sampai menghasilkan alur las yang lurus dan rata.

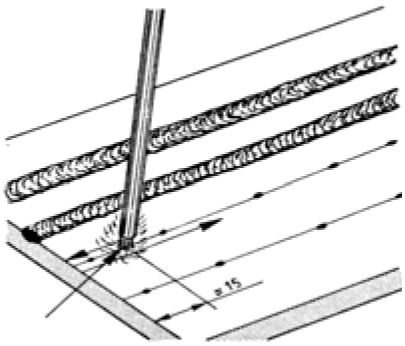
Cara-Cara Kerja :

Melalui sentuhan-sentuhan pendek atau goresan dari batang elektroda ke benda kerja, maka dihasilkan busur listrik. Selanjutnya busur listrik tersebut dipertahankan dengan jalan elektroda ditarik / diangkat dari benda kerja dan ditahan dengan jarak kira-kira sebesar diameter elektroda yang dipakai.

Proses pembuatan rigi-rigi las.

Elektroda dinyalakan tidak pada permulaan pengelasan (pinggir benda kerja) akan tetapi dinyalakan kira-kira 15 mm dari pinggir benda kerja.

Apabila busur listrik sudah menyala, maka elektroda dijalankan kepermulaan pengelasan dan dari sini dimulai proses pengelasan.

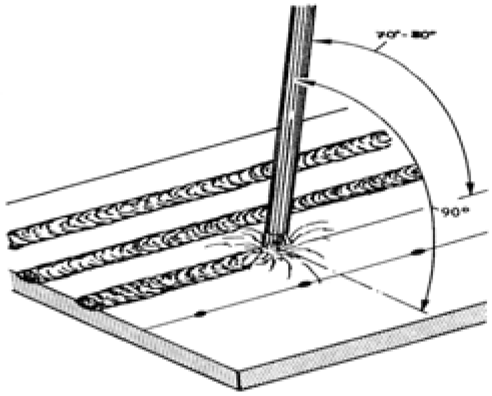


Tempat menyalakan



Untuk membuat alur-alur las, maka elektroda dijalankan perlahan - lahan ke kanan (mundur).

Dalam proses pengelasan harus selalu diperhatikan adanya kecepatan pengelasan yang sama dan adanya busur listrik yang tetap pula.



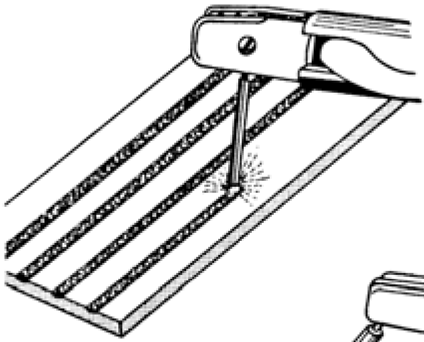
Busur listrik yang terlalu panjang akan menyebabkan percikannya terlalu banyak di sekitar alur-las.

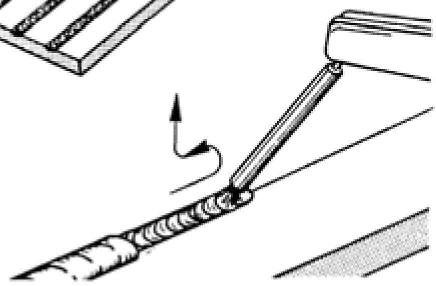
Selama mengelas posisi elektroda supaya agak kearah pengelasan dalam sudut yang lebih kecil dari 90° (arah memanjang sekitar 70º - 80º), dan sudut 90° kearah melintangnya.

Menghentikan pengelasan.

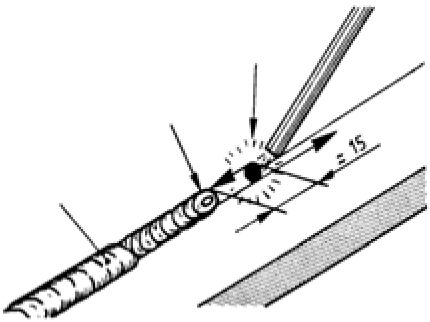
Apabila panjang batang elektroda sudah tinggal ± 50 mm, maka perlu adanya penggantian elektroda baru.

Untuk menghentikan proses pengelasan nya, elektroda tidak begitu saja ditarik menjauhi pelat. Akan tetapi harus diangkatnya dengan gerakan yang arahnya berlawanan dengan arah mengelasnya, dan juga dengan kecepatan yang lebih cepat.

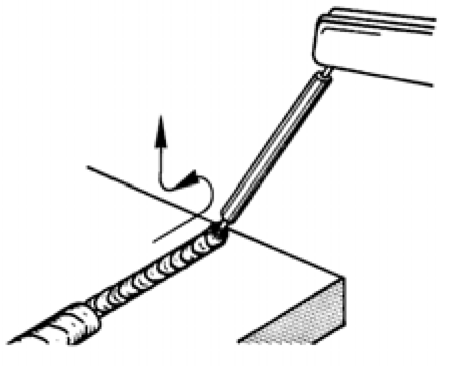




Sebelum melanjutkan pengelasan, terak pada ujung alur las harus dibersihkan lebih dahulu. Menyalakan elektroda yang baru, dimulai ± 15 mm dari ujung alur las yang terakhir,



dengan busur listrik yang agak panjang, kemudian elektroda digerakkan ke ujung alur las, dan mencairkan ujungnya yang selanjutnya proses pengelasannya dapat dilanjutkan. Untuk mengakhiri alur yang telah selesai pengelasannya, maka elektroda diangkat dengan gerak berlawanan dengan arah pengelasan dan kecepatan yang makin tinggi (lihat gambar).



terak

Petunjuk :

Pembuatan rigi-rigi las di atas permukaan benda kerja disebut las 'penebalan". Hasil las menebalan merupakan kampuh dari campuran material benda kerja dan bahan tambah dari cairan elektroda.

Las penebalan.

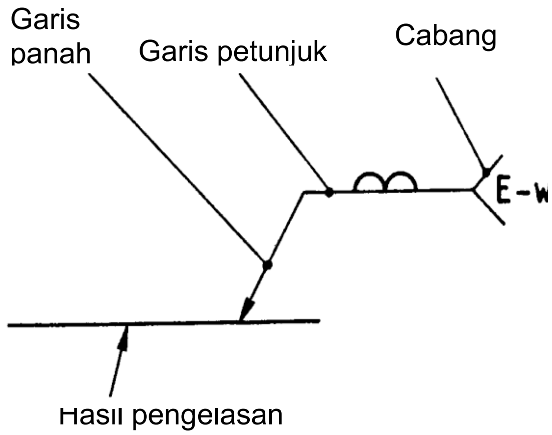
Pada proses las penebalan, dimana sewaktu benda kerja dicairkan setempat dan pada saat itu juga bahan tambah (elektroda) mencair, yang kemudian menyatu menjadi satu.



Simbol las penebalan

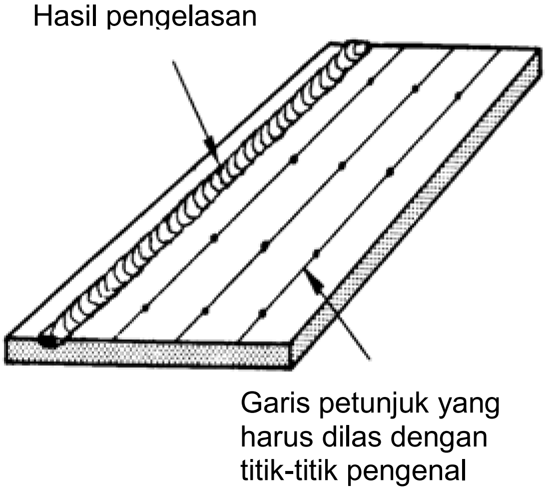
Pada gambar disamping, ditunjukan symbol las penebalan .

Simbol dan ketentuan-ketentuan lainnya yang diminta, dicantumkan pada garis petunjuk, di tambah dengan garis ujung cabang di mana dicantumkan tambahan petunjuk lain (lihat gambar).



Disamping petunjuk E untuk las busur listrik manual, juga ada tanda singkatan w, yang berarti bahwa las penebalan ini dalam posisi datar pada benda kerja. Posisi pengelasan ini di sebut : posisi datar dibawah tangan / flat **"die Wanne"**.

Buat goresan garis-garis dengan titik-titik pengenal pada benda kerja (lihat gambar), supaya dapat lebih mudah dilihat / diamati dalam pelaksanaan proses pengelasannya.

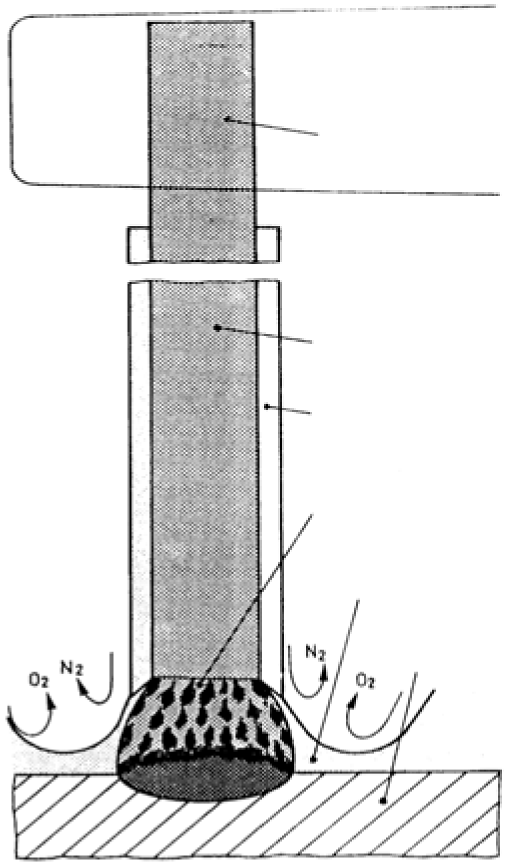


Elektroda.

Elektroda terdiri dari batang inti dan selubung. Pada waktu proses pengelasan batang inti akan mencair dan bersamaan waktu juga selubungnya mencair. Inti yang mencair, merupakan bahan tambahan

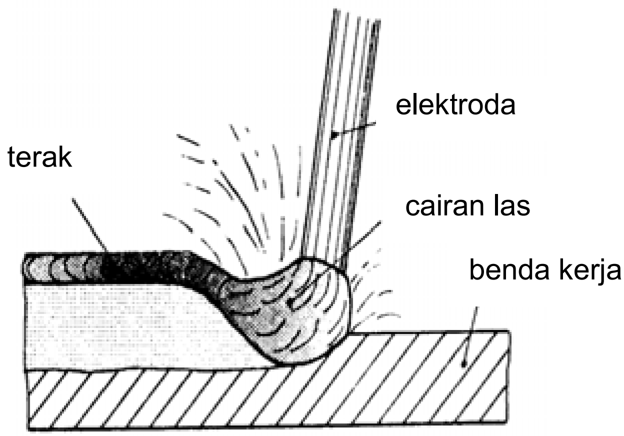
las yang menyusun menjadi alur las. Dan selubung yang mencair, melepaskan gas-gas pelindung yang melindungi tetesan-tetesan bahan tambah di dalam cairan las dari pengaruh oksidasi udara, terutama zat asam (O_2) dan zat lemas (N_2)

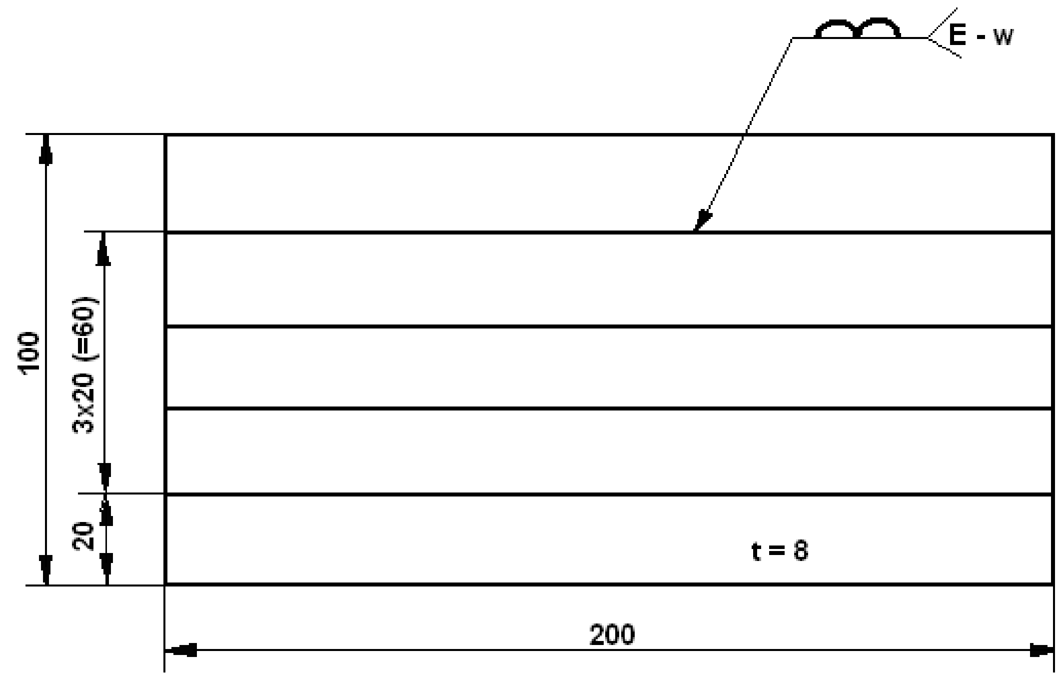
Sesuai dengan tipe elektroda, maka perpindahan bahan tambahan / tetesan cairan las ada yang kasar, sedang atau halus.



Terak yang terjadi dapat melindungi alur las dari pendinginan yang terlalu cepat dan juga dapat menarik kotoran-kotoran benda padat ataupun gas di dalam cairan las naik ke atas (ke permukaan cairan las).

Selama mengelas tukang las harus benar-benar dapat mengamati posisi elektroda, supaya terak dan cairan las selalu terpisah.





		1.	PELAT		St. 37	8 x 100 x 200	
Jumlah			Nama Bagian	No bag	Bahan	Ukuran	Ket.
III	II	I	Perubahan			Pengganti dari	
						Diganti dengan	
				Skala		Digambar	
			RIGI - RIGI LAS	1 : 2		Diperiksa	
						Dilihat	

5.3 Rangkuman

- Posisi elektroda pada pembuatan rigi – rigi las adalah arak pengelasan miring 70º - 80º sedangkan arah melintang 90°.
- Jarak pengelasan antara elektroda dengan bahan yanga dilas sebesar diameter elektroda yang digunakan



5.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan rigi – rigi berulang ulang sampai bisa. Kemudian buat laporan potopolio dari proses tersebut

5.5. Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal yang sama membuat rigi-rigi las untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran

5.6 Lembar penilaian tes Formatif

Penilaian Pekerjaan Rigi-rigi Las (w)

No.	Nama Petatar/Peserta	10		9		8		7		6		5		4		3 Sikap kerja		2 Kebersihan hasil lasan		1 Teraturnya rigi-rigi las		Jumlah Hasil	Nilai Akhir	Paraf Petatar/Peserta	Keterangan: N = Nilai B = Bobot H = Hasil (B x N)
Kriteria Penilaian		B=		B=		B=		B=		B=		B=		B=		B= 1		B= 2		B= 2		$\sum H$	$\frac{\sum H}{\sum B}$		
		N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H				
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									

Nilai



5.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat rigi-rigi las.

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

- (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya…………………………………………………….……
- ……………………………………………………………………....
- ……………………………………………………………………
- dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. ……………………………………………………………………
3. ……………………………………………………………………
4. ……………………………………………………………………
5. ……………………………………………………………………
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan(………………..
2. ………………………………………………………………………..…
3. ………………………………………………………………………...
4. …………………………………………………………………………
5. ………………………………………………………………………….
6. dst

Cara kerja / tahapan pekerjaan



1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan)
   …………………………….
2. ……………………………………………………………………………...
3. ……………………………………………………………………...…
4. ……………………………………………………………………...…
5. Dst

IV. Gambar Kerja

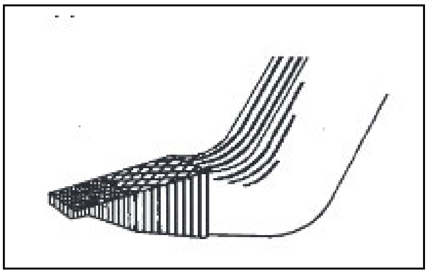
Kegiatan Belajar 6 : Teknik Pengelasan Penebalan

6.1 Tujuan Pembelajaran

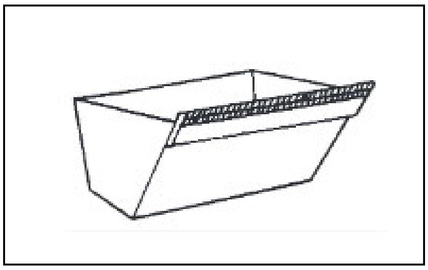
Peserta dapat mengelas (las penebalan) dalam posisi datar dibawah tangan (w) dengan baik dan benar melalui pengamatan dan latihan.

6.2 Uraian Materi

Pengelasan penebalan adalah proses penambahan material pada permukaan material yang lain, biasanya digunakan untuk komponen – komponen yang aus. Proses ini biasanya banyak digunakan pada peralata – peralatan tambang (*mining*). seperti *Ripper Teeth, Dozer Blades, Grader Blades, scoops lift buckets* dan lain – lain.



Gambar *Ripper Teeth*



Gamabar *scoops lift buckets*

Pada aplikasinya las penebalan / las penebalan permukaan biasanya juga disebut dengan *Hardfacing*.

Dalam kegiatan belajar ini disimulasikan proses penebalan permukaan dengan latihan pada material *mild steel*, untuk mencapai tujuan kegiatan belajar tersebut dibutuhkan:

Bahan :

Pelat St. 37 ; 200 X 100 X 8 mm.

Elektroda rutil / E 6013 ; Ø 3,25 mm dan Ø 4 mm.

Waktu :

⇒ **6** (enam) jam pelajaran.

Alat – Alat :

- Tempat kerja lengkap / kelengkapan peralatan las
- Pakaian pelindung
- Topeng pelindung
- Kaca mata bening

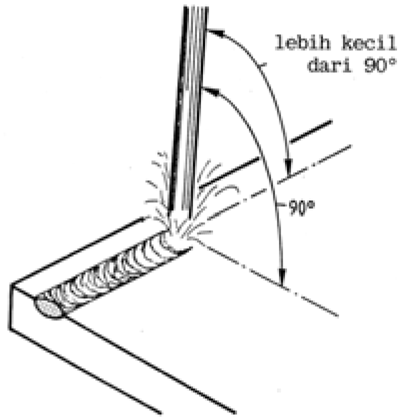
Langkah Kerja :

1. Mempersiapkan tempat kerja.
2. Mempersiapkan benda kerja, memberi tanda dari tempat alur lasnya.
3. Mengatur arus las (Ampere) sesuai dengan diameter elektroda.
4. Membuat alur las pertama.
5. Membuat alur las yang ke dua dengan bertumpang disebelah alur yang pertama.
6. Menyusun bidang-bidang pengelasan dengan ber tumpang.
7. Membersihkan hasil pengelasan.
8. Mengulangi latihan dengan elektroda yang lain.

Cara Kerja :

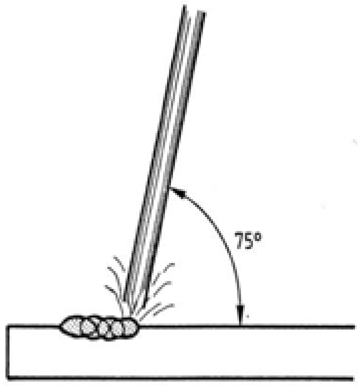
Meletakkan bidang-bidang las.

Pengelasan alur las yang pertama disesuaikan dengan latihan sebelumnya. Sudut arah memanjang dari batang elektroda lebih kecil dari 90^0 dan sudut arah melintangnya 90^0.



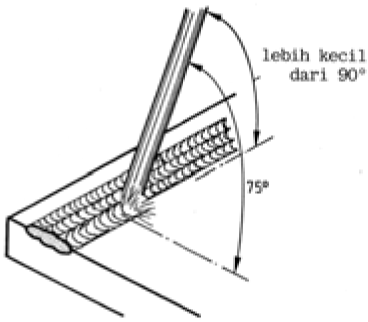
Setelah selesai pengalasan alur pertama, bersihkan dulu alur lasan tersebut, kemudian lanjutkan pengelasan alur yang kedua dengan bertumpang pada alur las yang pertama.

Peletakan setiap alur las harus berimpitan dengan alur las yang sudah ada, agar hasil las penambahan tersebut dapat dihasilkan dengan baik dan merata.



Perlu juga diperhatikan bahwa dalam peletakan alur las yang kedua dan selanjutnya, setiap alur las yang sudah ada harus dicairkan lagi separuh dari alur las sebelumnya.

Pencairan alur las yang baik akan dapat dicapai dengan merubah sudut arah melintang dari batang elektroda, dan juga tergantung dari tebal alur lasnya.

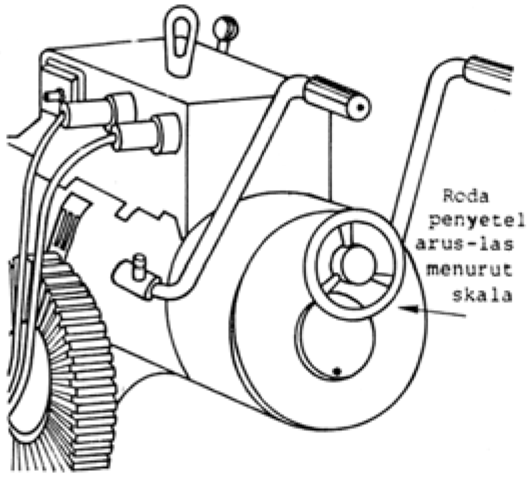


Sudut elektroda arah melintangnya ± 75 ^{0}.

Petunjuk :

Menentukan besarnya arus las.

Berdasarkan petunjuk yang terdapat pada bungkus elektroda dan diameter yang digunakan, maka anda dapat membaca besarnya arus las yang diperlukan. Dan apabila petunjuk tersebut sudah tidak ada lagi, maka untuk menghitung arus lasnya dapat dipakai "rumus genggaman", yaitu 45 X Ø elektroda dalam mm Ampere.



Menyetel arus-las

Sebagai contoh : Ø elektroda yang dipakai adalah 3,25 mm, maka besarnya arus las = 45 X 3,25 = 146,25 Amp. ≈ 150 Amp.

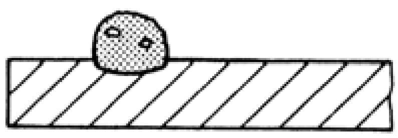


Harga-harga tersebut merupakan pegangan / patokan untuk mengatur sumber arus lasnya (Ampere).

Apabila arus lasnya sesuai dengan diameter elektoda, maka dapat dihasilkan alur las yang baik dan merata, dimana kedalaman cairan / penetrasi pada benda kerja lebih kecil dari pada separoh tinggi alur las.

Apabila arus lasnya yang terlalu tinggi / besar dapat menghasilkan kedalaman cairan / penetrasi yang terlalu dalam, banyak percikan dan juga batang elektrodanya akan lebih cepat memijar.

Apabila arus lasnya yang terlalu rendah dapat menghasilkan kedalaman /penetrasi yang terlalu

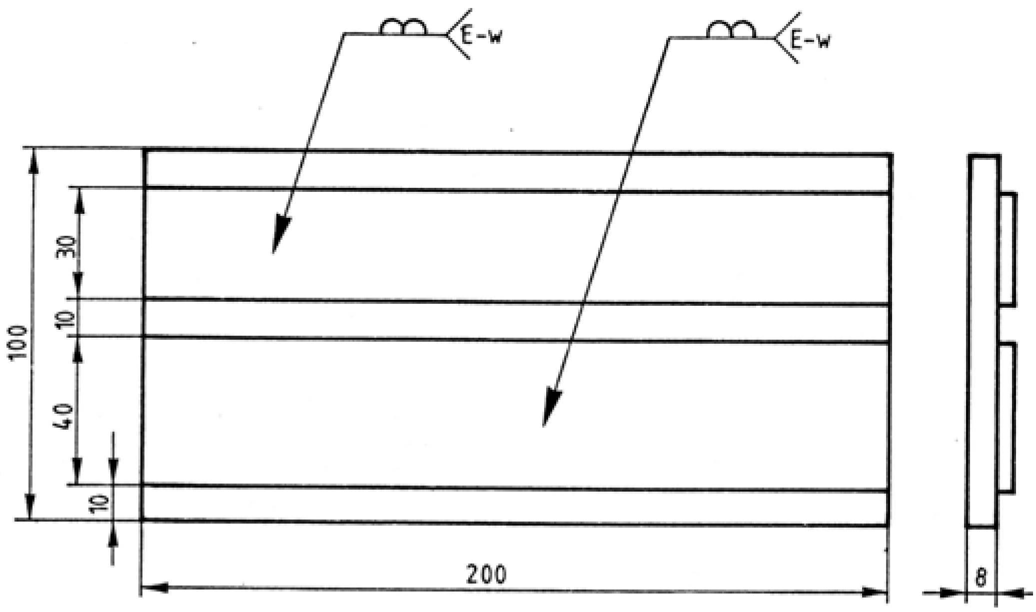


kecil / dangkal, hasil alur lasnya penuh dengan pori-pori dan hasil alurnya menjadi tinggi.

Untuk setiap peletakan alur las yang kedua dan yang selanjutnya, alur las yang telah ada harus selalu dibersihkan (bebas terak / kotoran) dan juga permukaan benda kerjanya harus selalu dibersihkan dari percikan-percikan yang melekat.

Keselamatan Kerja :

Hati-hati terhadap benda kerja yang panas, sebab dapat menimbulkan bahaya kebakaran.



Lebar 30 dilas dengan elektroda Ø 3,25
Lebar 40 dilas dengan elektroda Ø 4

		1	Pelat	-	St. 37	8 x 100 x 200	
Jumlah			Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket.
III	II	I	Perubahan			Pengganti dari	
						Diganti dengan	
			LAS PENEBALAN		Skala	Digambar	
						Diperiksa	
					1 : 2	Dilihat	

Persiapan :

Bahan :

⇒ Pelat St. 37 ; 8 x 100 x 200 mm

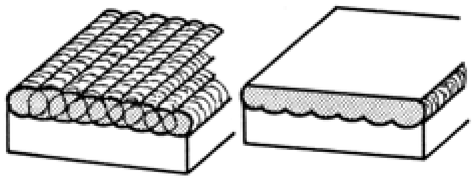
⇒ Elektroda las ∅ 3,25 mm ;E 51 22 RR6 DIN 1913

Petunjuk :

⇒ Memperlihatkan dengan baik peristiwa pada proses pengelasan, supaya peserta dapat membedakan busur las, cairan las dan aliran terak las.

⇒ Menunjukkan dan menjelaskan pemegang elektroda dengan beberapa sudut kemirngan.

⇒ Waktu latihan : 8 (delapan) jam.





Instruksi :

1. Peserta dapat memahami tujuan pelajaran.
2. Menerangkan alat-alat.
3. Mendemontrasikan cara kerja.

Penilaian Pekerjaan

Las Penebalan (w)

Kriteria Penilaian / No. Nama Petatar/Peserta	B		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Nilai
1 Teraturnya rigig-rigi las	B= 2	N															
		H															
2 Kebersihan hasil lasan	B= 2	N															
		H															
3 Sikap kerja	B= 1	N															
		H															
4	B=	N															
		H															
5	B=	N															
		H															
6	B=	N															
		H															
7	B=	N															
		H															
8	B=	N															
		H															
9	B=	N															
		H															
10	B=	N															
		H															
Jumlah Hasil																	
Nilai Akhir																	
Paraf Petatar/Peserta																	

Keterangan:
N = Nilai
B = Bobot
H = Hasil (B x N)



6.3 Rangkuman

- Posisi elektroda untuk las penebalan jalur pertama adalah sama dengan proses pembuatan rigi - rigi las.
- Sudut elektroda jalur kedua dan seterusnya saling overlap dengan sudut ± 75^{0} arah melintang.

6.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan las penebalan berulang ulang sampai bisa. Kemudian buat laporan potopolio dari proses tersebut

6.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal yang sama membuat las penebalan untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian

6.6 Lembar penilaian Formatif

Penilaian Pekerjaan — Las penebalan (w)

No.	Nama Petatar/Peserta	1 Teraturnya rigi-rigi las B= 2		2 Kebersihan hasil lasan B= 2		3 Sikap kerja B= 1		4 B=		5 B=		6 B=		7 B=		8 B=		9 B=		10 B=		Jumlah Hasil $\sum H$	Nilai Akhir $\frac{\sum H}{\sum B}$	Paraf Petatar/Peserta
		N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H			
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								

Kriteria Penilaian

Nilai

Keterangan:
N = Nilai
B = Bobot
H = Hasil (B x N)



6.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat las penebalan

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

a. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya………………………………………………….……
b. ……………………………………………………………………....
c. ……………………………………………………………………….
d. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. ……………………………………………………………………….
3. ……………………………………………………………………….
4. ……………………………………………………………………….
5. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)………………..
2. …………………………………………………………………..…
3. …………………………………………………………………….....
4. ………………………………………………………………………….
5. ………………………………………………………………………….
6. dst

IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) ..…………………………
2. ……………………………………………………………………………...
3. …………………………………………………………………………...
4. …………………………………………………………………………...
5. dst

V. Gambar Kerja



Kegiatan Belajar 7 : Teknik Pengelasan Fillet 1F Sambungan “T”

7.1 Tujuan Pembelajaran

Peserta dapat mengelas sambungan T (kampuh T) dalam posisi datar di bawah tangan (w) dengan baik dan benar melalui pengamatan dan latihan.

7.2 Uraian Materi

Sambungan Fillet merupakan jenis sambungan yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi maupun bidang manufaktur. Sambungan ini banyak macamnya diantaranya yang umum adalah sambungan “T”, dalam kegiatan belajar ini akan dibahas secara lebih mendalam. Untuk melaksanakan kegiatan belajar ini dibutuhkan:

Bahan :

Pelat St. 37	;	200 X 50 X 8 mm	2 buah.
Elektroda Rutil E 6013	;	Ø 3,2 mm.	

Waktu :

6 (enam) jam pelajaran

Alat – Alat :

- Perlengkapan las busur listrik manual.
- Sikat kawat.
- Pahat datar.
- Palu terak.
- Sarung tangan.
- Topeng pelindung.
- Kaca mata bening.
- Alat menggaris.
- Tang panas.
- Alat bantu posisi (kanal U).

Keselamatan Kerja :

⇒ Untuk melindungi mata secara lengkap, disamping mempergunakan topeng las sebagai pelindung selama mengelas, maka pergunakan juga kaca mata putih / bening selama membersihkan terak las.

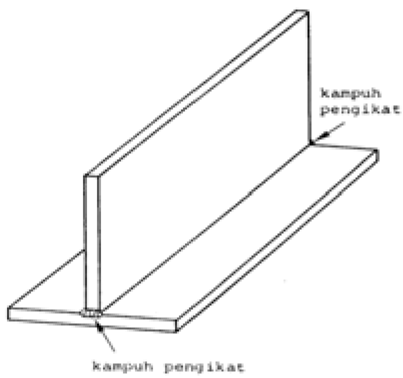


Langkah Kerja :

1. Mengatur arus las (Ampere) sesuai dengan diameter elektroda.
2. Mengelas ikat pada kedua ujung kampuh T.
3. Meletakkan kampuh T pada alat bantu dalam posisi datar dibawah tangan.
4. Mengelas kampuh T.
5. Bersihkan terak las hasil pengelasan.
6. Lanjutkan latihan mengelas (kampuh T) sampai menghasilkan alur las yang baik, rata dan simetris.

Petunjuk :

Untuk menjaga supaya kedua pelat jangan sampai bergeser dari posisi yang telah ditetapkan, maka kedua pelat di ikat dengan las ikat pada kedua ujung sambungan / kampuh.

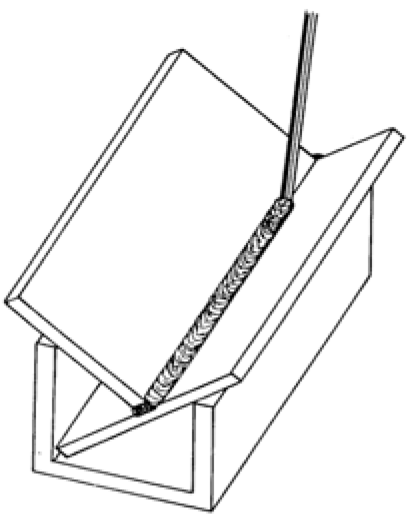


Kedua pelat harus saling bersentuhan sedemikian rupa, supaya setelah diikat dengan las, tidak menunjukkan adanya bagian yang bersentuhan itu longgar / meneruskan sinar.

Benda kerja diletakkan pada alat bantu posisi (kanal U) dalam posisi datar dibawah tangan. Untuk menyalakan elektroda dimulai pada titik ± 15 mm dari awal kampuh / pinggir. Dan apabila busur listrik sudah menyala, maka batang elektroda digeser kearah permulaan dan selanjutnya proses pengelasan dapat dimulai.

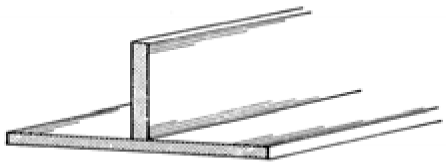
.

.



Batang elektroda diarahkan seperti pada proses pengelasan rigi-rigi las, dan sudut arah melintang 45^{0}.

Hasil dari pengelasan kampuh T ini dikatakan baik, apabila penampang kampuh menunjukkan peletakan yang sama dan rata pada kedua sisi pelat / simetris

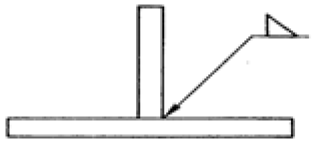


Sambungan-T

Dalam pengelasan sambungan / kampuh T ini berarti bahwa ada dua pelat yang bertemu dalam posisi tegak lurus, pertemuan ini disebut pertemuan T.

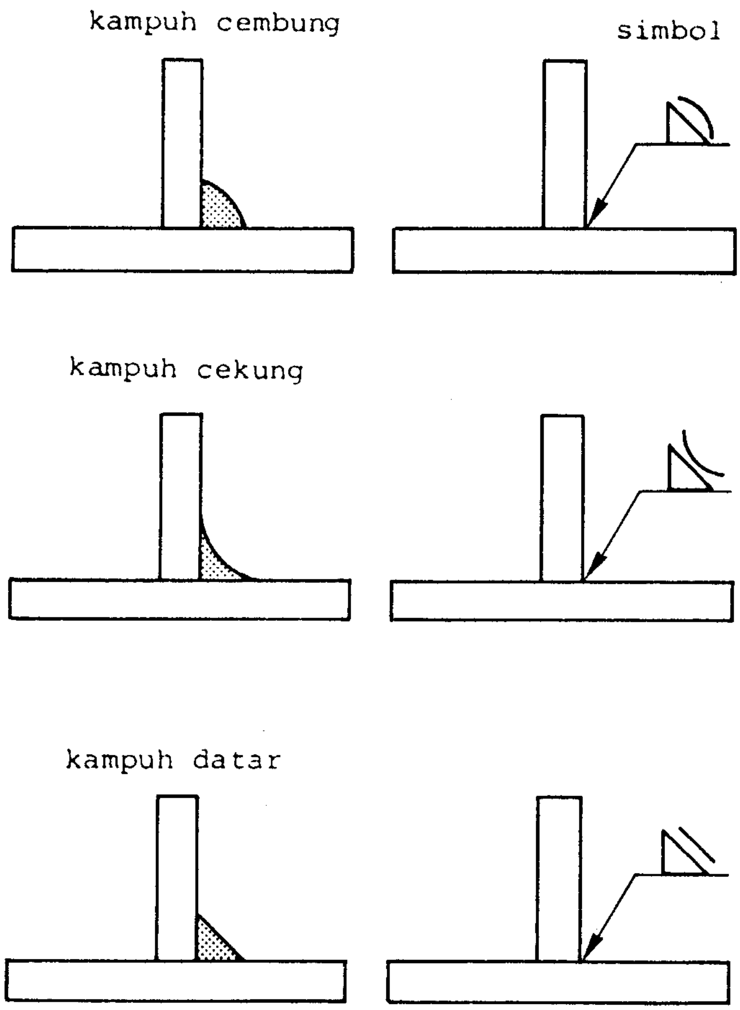
Kampuh T.

Kampuh dari hasil pengelasan pertemuan T atau disebut kampuh T dapat ditunjukkan dengan symbol seperti gambar.



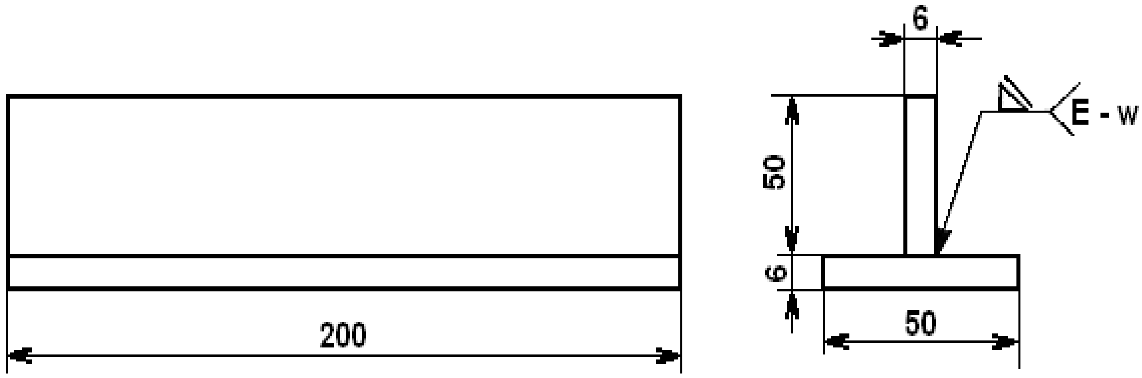
Simbol untuk kampuh sambungan-T

Dengan memakai simbol-simbol, maka bentuk kampuh yang diminta, lebih jelas ditunjukkan. Seperti yang telah kita kenal beberapa kampuh sambungan T yaitu antara lain: Datar; Cembung ; dan Cekung seperti gambar dibawah ini



Tambahan-simbol untuk berbagai bentuk kampuh sambungan-T





		2	PELAT		St. 37	8 x 50 x 200	
Jumlah			Nama Bagian	No bag	Bahan	Ukuran	Ket.
III	II	I	Perubahan			Pengganti dari	
						Diganti dengan	
					Skala	Digambar	
			SAMBUNGAN T		1 : 2	Diperiksa	
						Dilihat	

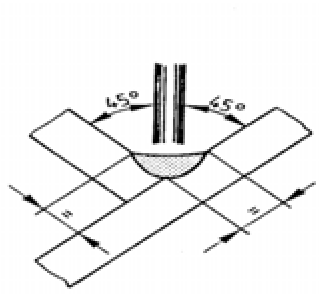
Persiapan :

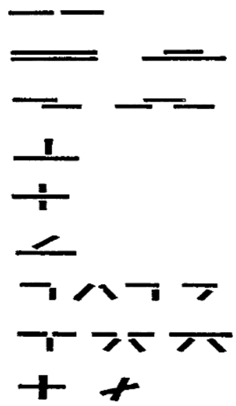
Bahan : Pelat St. 37 200 X 50 X 8 mm.
Elektroda rutil Ø 3,2 mm.

Alat-alat : Mesin Las Busur Listrik Manual.

Petunjuk :

Dalam proses pengelasan kampuh T ini perlu diperhatikan sudut arah melintang dari elektroda, supaya dapat menghasilkan penampang kampuh yang sama / simetris.





Jenis sambungan :

- Sambungan I.
- Sambungan pararel.
- Sambungan tumpang.
- Sambungan T.
- Sambungan double T.
- Sambungan miring.
- Sambungan sudut luar.
- Sambungan multi.
- Sambungan silang.

Instruksi :

1. Tujuan pelajaran dapat diketahui.
2. Menerangkan alat-alat.
3. Mendemonstrasikan cara kerja.

7.3 Rangkuman

7.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan sambungan fillet “T” berulang ulang sampai bisa. Kemudian buat laporan potopolio dari proses tersebut

7.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat las sambungan Fillet “T” untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian

7.6 Lembar penilaian tes Formatif

Penilaian Pekerjaan Sambungan T (w)

No.	Nama Petatar/Peserta	1 Teraturnya rigi-rigi las B= 2		2 Kebersihan hasil lasan B= 2		3 Sikap kerja B= 1		4 B=		5 B=		6 B=		7 B=		8 B=		9 B=		10 B=		Jumlah Hasil	Nilai Akhir	Paraf Petatar/Peserta
	Kriteria Penilaian	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H			
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								

Nilai

Keterangan:
N = Nilai
B = Bobot
H = Hasil (B x N)



7.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . sambungan Fillet “T”

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya……………………………………………………….……
2. ……………………………………………………………………....
3. ………………………………………………………………………
4. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. …………………………………………………………………………
3. …………………………………………………………………………
4. …………………………………………………………………………
5. …………………………………………………………………………
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)………………..
2. ………………………………………………………………………..…
3. ……………………………………………………………………………..
4. ……………………………………………………………………………
5. …………………………………………………………………………….
5. dst

IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) ……………………….
2. …………………………………………………………………………...
3. …………………………………………………………………………...
4. …………………………………………………………………………...
5. dst

V. Gambar Kerja



Kegiatan Belajar 8 : Teknik PengelasanFillet 1F Sambungan sudut luar

8.1 Tujuan Pembelajaran

Peserta dapat mengelas sambungan sudut luar dalam posisi datar dibawah tangan (w) dengan baik dan benar melalui pengamatan dan latihan.

8.2 Uraian Materi

Sambungan Fillet merupakan jenis sambungan yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi maupun bidang manufaktur. Sambungan ini banyak macamnya diantaranya yang umum adalah sambungan sudut luar, dalam kegiatan belajar ini akan dibahas secara lebih mendalam. Untuk melaksanakan kegiatan belajar ini dibutuhkan:

Bahan :

- 2 (dua) buah Pelat St. 37 ; 200 x 50 x 10 mm.
- Elektroda E 7018 / E 51 32 B (C) DIN 1913 ; ∅ 3,25 mm.
- Elektroda E6013 / E 51 22 RR6 DIN 1913 ; ∅ 4 mm.

Waktu :

⇒ 6 (enam) jam pelajaran.

Alat Bantu / Persiapan :

- Tempat pengelasan.
- Perlengkapan alat bantu kerja untuk menyusun dan mengikat.
- Topeng pelindung.

Langkah Kerja :

1. Bagian-bagian yang akan dilas disusun pada alat bantu pengelasan.
2. Mengelas ikat pada ke dua ujung kampuh.
3. Mengelas lapisan akar (root) dengan gerak ayunan.
4. Membersihkan lapisan akar.
5. Mengelas lapisan tengah dengan gerak ayunan.
6. Membersihkan lapisan tengah.

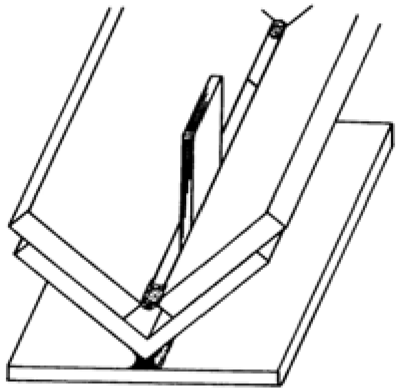


7. Mengelas lapisan penutup dengan gerak ayunan.
8. Membersihkan hasil pengelasan.

Cara Kerja :

Menyusun dan mengikat.

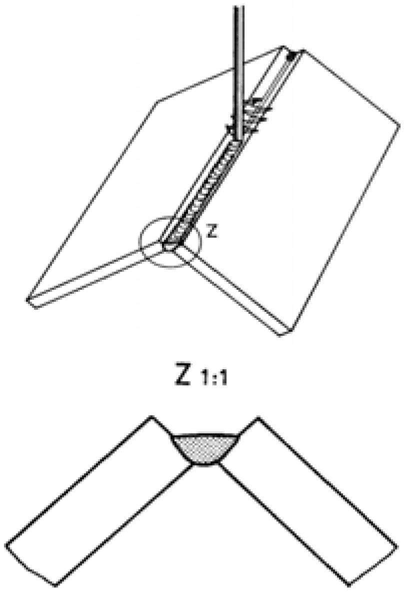
Untuk menyusun dan mengikat kedua pelat, dipakai alat bantu berupa potongan pelat dengan tebal ± 2,5 mm yang ditempatkan di antara kedua pelat yang akan dilas. Pengikatan dikerjakan dengan mengelas kampuh pendek (las ikat) pada awal dan akhir kampuh dan juga alas ikat tersebut harus benar-benar kuat.



Menyusun dan mengikat

Pengelasan lapisan akar (root).

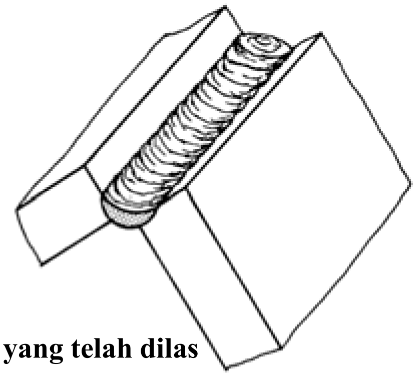
Lapisan akar (root) dilas dengan elektroda E7018 / E 51 32 B (C), dimana cairan dari elektroda tersebut mempunyai tetesan yang lebih kasar apabila dibandingkan dengan elektroda E6013 / E 51 22 RR6, dan juga dapat memberikan penutupan celah yang lebih baik.



Mengelas lapisan akar

Menyalakan busur dimulai pada jarak ±15 mm dari awal kampuh. Selanjutnya elektroda digerakkan kembali pada awal kampuh.

Lapisan akar harus dilas dengan gerak ayunan supaya dapat mencegah menetesnya cairan las ke bawah, dan supaya dapat dihasilkan akar las yang tampak merata.

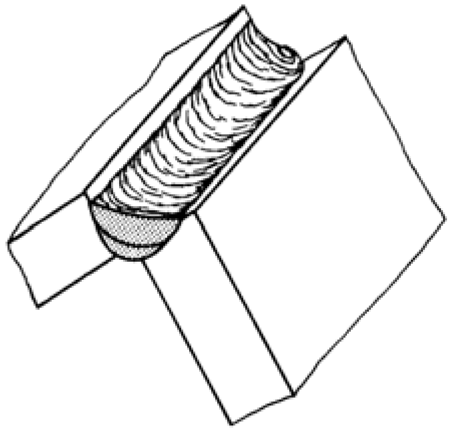


Lapisan akar yang telah dilas

Selama dalam ayunan, busur harus tetap pendek.

Gerak kesamping ayunan supaya diperlambat (berhenti sebentar) untuk mencegah terjadinya takik las (Undercut).

Sebelum mengelas lapisan tengah, hasil dari lapisan akar harus dibersihkan dengan baik.



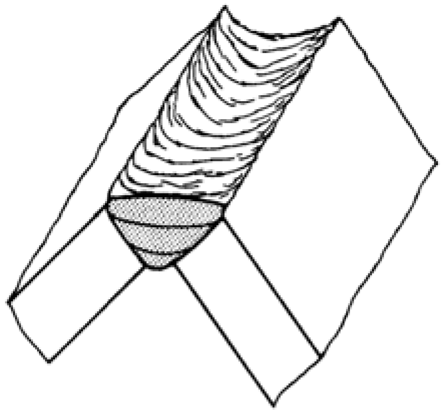
Lapisan tengah yang telah dilas

Mengelas lapisan tengah dan penutupnya.

Untuk mengelas lapisan tengah dan lapisan penutup, dipakai elektroda dengan selubung tipe RR6 / E6013. Tiap lapisan dikerjakan dengan gerak ayunan. Dan juga harus selalu diperhatikan, bahwa dalam pengelasan lapisan tengah tersebut harus terjadi penyatuan yang baik dengan lapisan akarnya.

Ujung kampuh hasil penghentian pengelasan, harus dicairkan kembali.

Untuk mengelas lapisan penutupnya, lapisan tengah harus dibersihkan dengan baik. Dalam mengelas lapisan penutup tersebut elektroda digerakkan dengan gerak ayunan dan jangan terlalu cepat, untuk menjaga supaya busur tidak terlepas dari cairan las dan dapat menyebabkan terak las mengalir lebih maju / terak las mendahului. Pengotoran kampuh oleh terak las yang mengalir lebih dahulu, jelas harus dicegah. Sambungan sudut luar yang telah selesai, jangan sampai menunjukkan tambahan tinggi yang nyata.



Lapisan penutup yang telah dilas

Petunjuk :

Kedua pelat yang membentuk sudut pertemuan, diikat seperti halnya pada sambungan -T. Ikatan ini harus menghasilkan sudut 90^0.

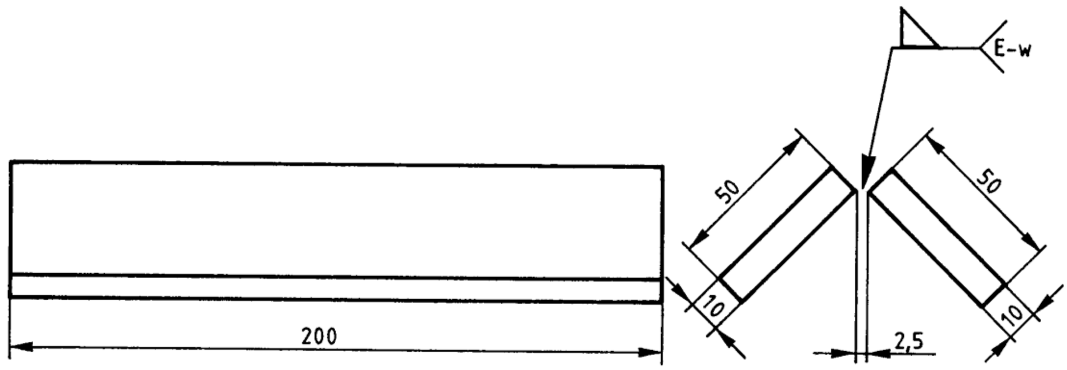
Untuk dapat menghasilkan akar yang sempurna dalam mengelas, sudut pertemuannya memerlukan jarak antara ± 2,5 mm.

Keselamatan Kerja :

Pakaian kerja harus penuh menjamin perlindungan.

Topeng pelindung tidak boleh ada lubang-lubang atau pecah / retak.





Kampuh dilas dalam tiga lapisan

		2	Pelat	-	St. 37	200 x 50 x 10		
Jumlah			Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket.	
II	II	I	Perubahan			Pengganti dari		
						Diganti dengan		
			SAMBUNGAN SUDUT LUAR		Skala	Digambar		
						Diperiksa		
					1 : 2	Dilihat		

Persiapan :

Bahan :

2 (dua) buah Pelat St. 37 ; 200 x 50 x 10 mm.

Elektroda E 7018 / E 51 32 B (C) DIN 1913; ∅ 3,25 mm.

Elektroda E6013 / E 51 22 RR6 DIN 1913; ∅ 4 mm.



Petunjk :

Dalam lebar jalur 2,5 mm; lapisan akar dilaskan dengan gerak ayunan melintang, supaya dapat menghasilkan akar las yang bagus dan dapat mencegah menetesnya cairan las ke bawah. Dalam gerak ayunan ini harus selalu dijaga, dan juga agar supaya terjadi adanya panjangnya busur yang tetap. Ayunan yang terlalu cepat dapat menyebabkan terjepitnya terak las. Kampuh hasil pengelasan yang telah selesai harus sedikit cembung.

Instruksi :

1. Siswa dapat memahami tujuan pelajaran
2. Menerangkan alat-alat
3. Mendemontrasikan cara kerja

8.3 Rangkuman

8.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan sambungan fillet / sambungan sudut luar berulang ulang sampai bisa. Kemudian buat laporan potopolio dari proses tersebut

8.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat sambungan Fillet / sambungan sudut luar untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian

8.6 Lembar Jawaban tes Formatif

Penilaian Pekerjaan Sambungan Sudut Luar (w)

Keterangan: N = Nilai, B = Bobot, H = Hasil (B x N)																	
Paraf Petatar/Peserta																	
Nilai Akhir	$\frac{\sum H}{\sum B}$																
Jumlah Hasil	$\sum H$																Nilai
1 Teraturnya rigi-rigi las	B= 3	H															
		N															
2 Hasil penembusan	B= 4	H															
		N															
3 Kebersihan hasil kerja	B= 2	H															
		N															
4 Sikap kerja	B= 1	H															
		N															
5	B=	H															
		N															
6	B=	H															
		N															
7	B=	H															
		N															
8	B=	H															
		N															
9	B=	H															
		N															
10	B=	H															
		N															
Kriteria Penilaian		Nama Petatar/Peserta															
		No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	



8.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . sambungan Fillet / sambungan sudut luar

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya…………………………………………………….……
2. ……………………………………………………………………....
3. ……………………………………………………………………
4. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. ………………………………………………………………………
3. ………………………………………………………………………
4. ………………………………………………………………………
5. ………………………………………………………………………
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)………………..
2. ……………………………………………………………………..…
3. ……………………………………………………………………….
4. ………………………………………………………………………
5. ……………………………………………………………………….
6. dst

IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) ……………………….
2. ……………………………………………………………………………...
3. ……………………………………………………………………………...
4. ……………………………………………………………………………...
5. dst

V. Gambar Kerja



Kegiatan Belajar 9 : Teknik Pengelasan Groove/1G Sambungan Kampuh "V"

9.1 Tujuan Pembelajaran

Peserta dapat mengelas sambungan V / kampuh V (mengelas lapisan akar, lapisan tengah, dan lapisan penutup) dalam posisi datar di bawah tangan (w) dengan baik dan benar melalui pengamatan dan latihan.

9.2 Uraian Materi

Kampuh "V" banyak digunakan pada sistem sambungan pada pelat-pelat tebal. Untuk pengelasan ini dilakukan pengelasan pada satu sisi (*single side*) dengan urutan pengelasan mulai dari akar (root), pengisian (Filler), dan penutup (caping). Untuk melaksanakan kegiatan belajar ini dibutuhkan:

Bahan :

2 (dua) buah Pelat St. 37 ; 300 x 200 x 10 mm.

Elektroda E7018 / E 51 32 B (C) (DIN 1913) ; ∅ 3,25 mm.

Elektroda E6013 / E 51 22 RR6 (DIN 1913) ; ∅ 4 mm.

Waktu :

12 (duabelas) jam pelajaran.

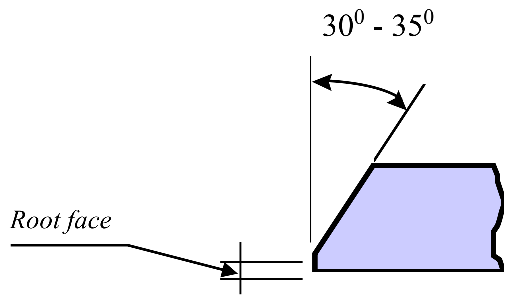
Alat Bantu / Persiapan :

- Tempat dan alat pengelasan lengkap.
- Alat bantu pengelasan.

Langkah Kerja :

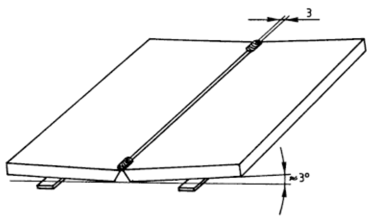
1. Memeriksa kesiapan peralatan kerja, termasuk perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja las.
2. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 300 x 200 x 10 mm yang kedua sisi panjangnya telah dibevel 30^0 - 35^0.
3. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.

4. Membuat *root face* selebar 1 – 3 mm dengan menggunakan grinda dan kikir, dan yakinkan bahwa kedua *bevel* tersebut sama besar dan rata/ sejajar satu sama lainnya.



5. Mengatur arus pengelasan tiap tahapan sesuai dengan jenis dan diameter elektroda yang digunakan antara 50 – 120 Amper.
6. Mengatur peletakan benda kerja sesuai dengan posisi pengelasan (gambar kerja).
7. Membuat las catat sepanjang 10 – 15 mm pada kedua ujung bahan dan yakinkan bahwa kedua kepingan tersebut rapat dan sejajar dengan jarak *root gap* 1 – 3 mm.
8. Mengelas lapisan akar dengan ayunan.
9. Membersihkan kampuh lapisan akar.
10. Mengelas lapisan tengah dengan ayunan.
11. Membersihkan kampuh lapisan tengah.
12. Mengelas lapisan penutup dengan ayunan.
13. Membersihkan kampuh hasil pengelasan.

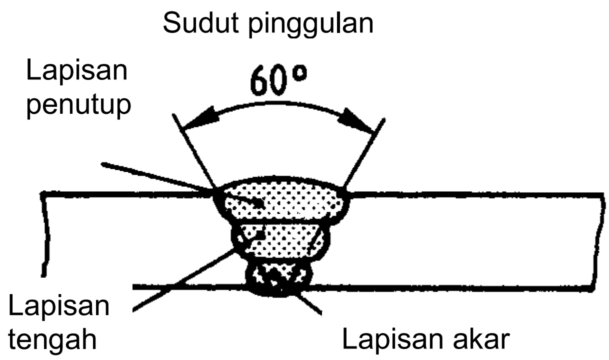
Cara Kerja :



Mengikat kedua pelat

Kedua pelat yang telah dipersiapkan, diletakkan terbalik diatas meja las. Harap diperhatikan jangan sampai ada kotoran yang mudah menyala misalnya; cat, karat dan terak yang tertinggal melekat pada sisi pertemuan sambungan.

Dengan meletakkan potongan-potongan pelat panjang di bawah masing-masing bagian yang akan dilas, maka pasangan kedua pelat ini membentuk sudut ± 3^0. Jarak antaranya sebesar ± 3 mm.
Dengan memberi kedudukan dalam sudut ± 3^0, dimaksudkan untuk mengatasi mengkerutnya sudut setelah benda kerja di las dan menjadi dingin. Untuk mengikat dipakai dua lasan pengikat yang kuat dan setelah itu benda kerja dibalik untuk dilas.

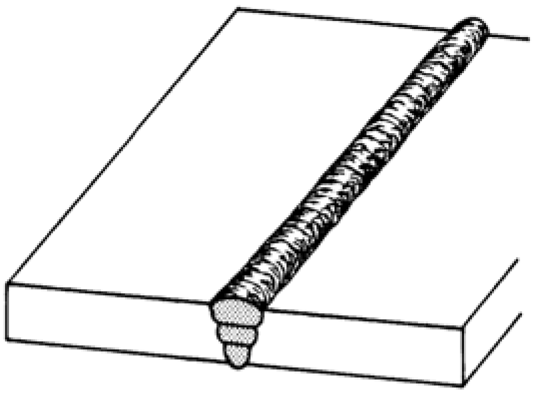


Pengelasan benda kerja.

Banyaknya lapisan untuk mengelas kampuh V ditentukan oleh tebalnya pelat. Kampuh las tersusun dari lapisan akar, lapisan tengah dan lapisan penutup.

Sudut pinggulan / kemiringannya 60^0.

Dalam mengelas lapisan akarnya, dipakai penopang (landasan), supaya penembusan akarnya bebas.



Benda kerja yang telah dilas

Dengan demikian anda dapat menghasilkan pengelasan lapisan akar yang baik.

Setelah selesai pengelasan, pada bagian punggungnya harus tampak kampuh yang rata.

Setiap peletakan alur las, sisa-sisa terak las harus dibersihkan dengan memakai sikat kawat, sebelum alur las berikutnya diletakkan.

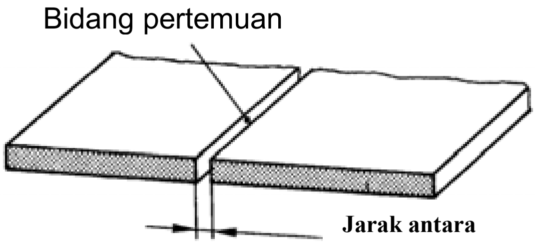
Lapisan akar dan lapisan tengah supaya selalu rata peletakkannya, sebab dengan meningginya kampuh, akan mempermudah terjepitnya terak di dalam kampuh las.

Lapisan penutup diletakkan dengan gerak ayunan, supaya kampuh tampak lebih bagus.

Petunjuk :

Persiapan kampuh

Apabila bidang calon sambungan dari kedua pelat berkedudukan sejajar satu sama lain, maka pertemuan ini disebut pertemuan tumpul.



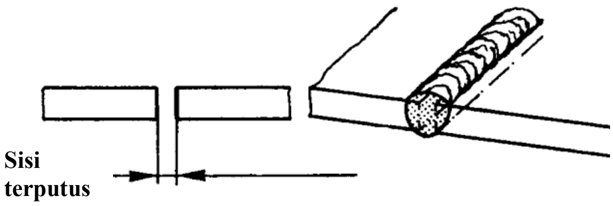
Sambungan tumpul

Dengan mencairnya kedua bidang pertemuan ini dan adanya tambahan dari bahan tambah selama pengelasan, maka tersusunlah kampuh lasan.

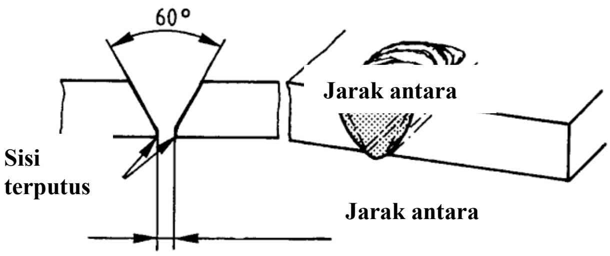
Sambungan tumpul

Meletakkan begitu saja kedua pelat berdampingan tanpa persiapan lebih dahulu, maka seluruh permukaan pertemuan tumpulnya tidak akan terkena las. Sambungan las tersebut hanya merupakan sambungan permukaan saja dan tidak menyeluruh.

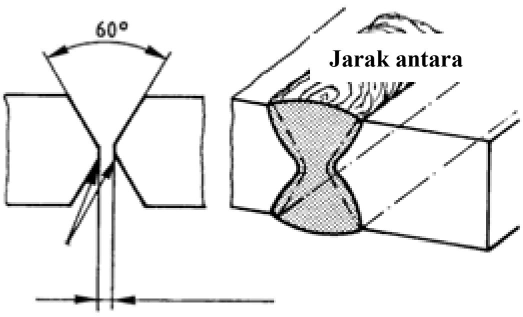
Untuk menghasilkan sambungan tumpul yang sempurna, diperlukan adanya persiapan kampuh yang baik dan teliti. Bekas potongan pelatnya, sebelum dilas harus bersih, dan digerinda supaya menjadi sejajar.



Persiapan kampuh – I



Persiapan untuk kampuh – V

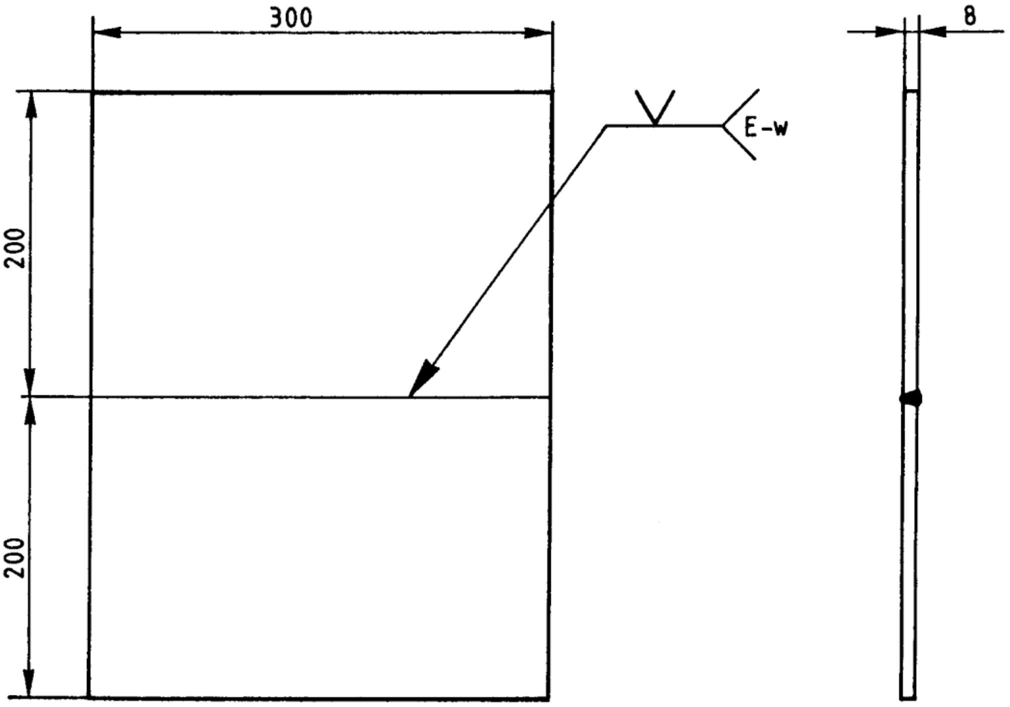


Persiapan untuk kampuh – V ganda

Persiapan kampuh harus dikerjakan secara teliti / akurat, supaya dapat menghasilkan akar lasan yang memenuhi syarat. Untuk ini perlu adanya jarak antara yang sesuai dengan tebal pelat.

Sebagai contoh persiapan untuk kampuh I, kampuh V, ataupun kampuh ganda juga harus teliti dan bersih.





		2	Pelat	-	St. 37	300 x 200 x 8		
Jumlah			Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket.	
			Perubahan			Pengganti dari :		
						Diganti dengan :		
			SAMBUNGAN TUMPUL (KAMPUH V)		Skala	Digambar		
						Diperiksa		
					1 : 5	Dilihat		

Persiapan :

Bahan :

2 (dua) buah Pelat St. 37 ; 300 x 200 x 10 mm.

Elektroda E7018 / E 51 32 B (C) (DIN 1913) ; ∅ 3,25 mm.

Elektroda E6013 / E 51 22 RR6 (DIN 1913) ; ∅ 4 mm.

Petunjuk :

Persiapan Kampuh :

Untuk pelat sampai tebal 3 mm sambungan dengan kampuh I.

Sebagai jarak-antara cukup diambil jarak yang sama dengan tebal pelatnya.

Untuk tebal pelat 4 mm keatas perlu adanya pemingulan bidang pertemuan.

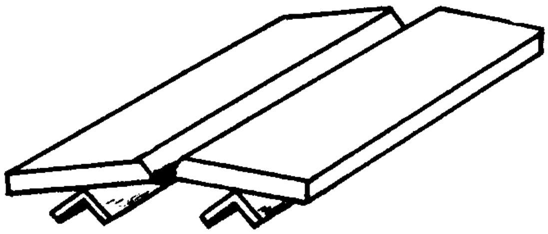
Sudut pemingulannya sebesar ± 60^0 , pengelasannya disebut dengan kampuh V.

Tebal pelat 10 mm keatas, dilas dengan kampuh V ganda. Untuk ini sisi pertemuannya dipingul pada sebelah atas dan bawahnya.

Untuk latihan ini adalah pengelasan kampuh V.

Tanda simbol dapat dilihat pada gambar kerja.

Untuk pengelasan lapisan akarnya, benda kerja harus diletakkan di atas landasan / ganjal dengan maksud supaya akarnya / penembusannya dapat bebas.



Instruksi :

1. Peserta dapat memahami tujuan pelajaran.
2. Menerangkan alat-alat.
3. Mendemontrasikan cara kerja.



9.3 Rangkuman

9.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan sambungan groove / sambungan kampuh “V” berulang ulang sampai bisa selama duakegiatan belajar. Kemudian buat laporan potopolio dari proses tersebut

9.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat sambungan groove / sambungan kampuh “V” untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian

9.6 Lembar Peilaian tes Formatif

Sambungan Tumpul/Kampuh V (w)

Kriteria Penilaian		No. Nama Petatar/Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Nilai
Keterangan: N = Nilai, B = Bobot, H = Hasil (B x N)																	
Paraf Petatar/Peserta																	
Nilai Akhir	$\frac{\sum H}{\sum B}$																
Jumlah Hasil	$\sum H$																
1 Teraturnya rigi-rigi las	B= 3	H															
		N															
2 Hasil penembusan	B= 4	H															
		N															
3 Kebersihan hasil kerja	B= 2	H															
		N															
4 Sikap kerja	B= 1	H															
		N															
5	B=	H															
		N															
6	B=	H															
		N															
7	B=	H															
		N															
8	B=	H															
		N															
9	B=	H															
		N															
10	B=	H															
		N															



9.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . sambungan groove / sambungan sambungan kampuh “V” dibawah tangan.

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya………………………………………………………….……
2. …………………………………………………………………………....
3. …………………………………………………………………………
4. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. ……………………………………………………………………………
3. ……………………………………………………………………………
4. ……………………………………………………………………………
5. ……………………………………………………………………………
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)………………..
2. …………………………………………………………………………..…
3. ……………………………………………………………………………..
4. ……………………………………………………………………………
5. …………………………………………………………………………….
6. dst

IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) …………………….
2. ……………………………………………………………………...
3. ……………………………………………………………………...
4. ……………………………………………………………………...
5. dst

V. Gambar Kerja



2.Teknik Pengelasan SMAW Posisi Mendatar Horisontal (2F/2G)

A. Deskripsi Pembelajaran

Teknik pengelasan SMAW posisi mendatar (2F/2G) membahas tentang perangkat apa yang dibutuhkan, bagaimana persiapan sambungan dan kampuh las, persiapan/penyetelan mesin las, pemilihan dan penyiapan elektroda, prosedur pengelasan, teknikpengelasan rigi-rigi posisi horizontal, teknik pengelasan fillet / sambungan tumpang, sambungna “T”, dan sambungan groove 2G.

B. Kegiatan Belajar

Kegiatan Belajar 1 : Persiapan Sambungan dan Kampuh las (review)

1.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran siswa dapat melakukan persiapan sambungan dan kampuh las

1.2 Uraian Materi

Persiapan Sambungan dan Kampuh Las

Sebelum kita melakukan persiapan sambungan dan kampuh las kita bahas terlebih dahulu macam – macam bentuk sambungan las.

Beragam bentuk pekerjaan las dan fabrikasi logam, menuntut agar suatu sambungan yang dikerjakan dapat sesuai dengan desain dan kekuatan yang diharapkan. Karena itu bentuk-bentuk sambungan harus dirancang sedemikian rupa supaya memenuhi kebutuhan tersebut

Bentuk-bentuk Sambungan Las

Secara umum sambungan las ada dua macam, yaitu sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul (*butt*).

Adapun macam-macam bentuknya adalah sebagai berikut :

- Sambungan sudut dalam (T-joint atau L-joint)
- Sambungan sudut luar (Corner joint)
- Sambungan tumpang (lap joint)

- Sambungan sumbat (Plug joint)
- Sambungan celah (Slot joint)
- Sambungan tumpul (Butt joint)

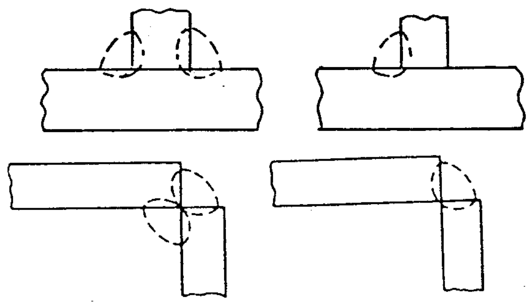
Bentuk-bentuk Kampuh Las.

Kampuh las adalah bentuk persiapan pada suatu sambungan. Umumnya hanya ada pada sambungan tumpul, namun ada juga pada beberapa bentuk sambungan sudut tertentu, yaitu untuk memenuhi persyaratan kekuatan suatu sambungan sudut.

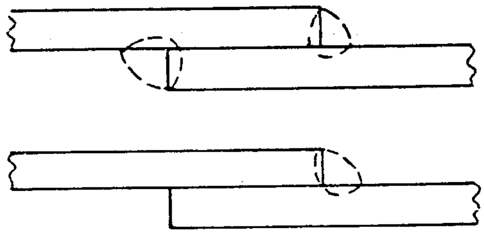
Bentuk kampuh las yang banyak dipergunakan pada pekerjaan las dan fabrikasi logam adalah :

- Kampuh I (Open square butt)
- Kampuh V (Single Vee butt)
- Kampuh X (Duoble Vee butt)
- Kampuh U (Single U butt)
- Kampuh K/Sambungan T dengan penguatan pada kedua sisi (*Reinforcemen on T-butt weld*)
- Kampuh J/ Sambungan T dengan penguatan satu sisi (*Single J-butt weld*)

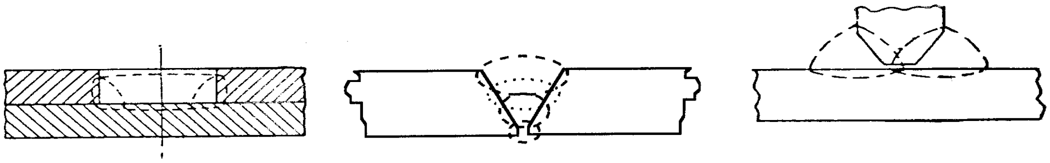
Berikut ini adalah gambar bentuk-bentuk sambungan dan kampuh las.



Sambungan T (T-Joint) *Sambungan Sudut (Corner Joint)*



Sambungan Tumpang (Lap Joint)

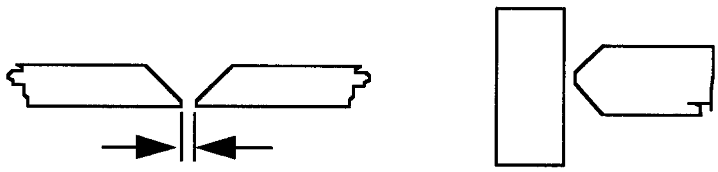


Sambungan Slot(SlotJoint) Sambungan Tumpul (Butt Joint) T- Butt Joint

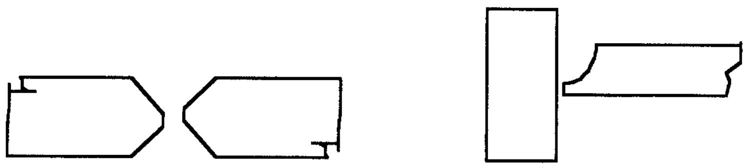
Gambar Bentuk-bentuk Sambungan



Kampuh I *Kampuh U*



Kampuh V *Kampuh K*



Kampuh X *Kampuh J*

Gambar Kampuh Las

Pembuatan persiapan las dapat di lakukan dengan beberapa teknik, tergantung bentuk sambungan dan kampuh las yang akan dikerjakan.

Teknik yang biasa dilakukan dalam membuat persiapan las, khususnya untuk sambungan tumpul dilakukan dengan mesin atau alat pemotong gas (brander

potong). Mesin pemotong gas lurus (*Straight Cutting Machine*) dipakai untuk pemotongan pelat, terutama untuk kampuh-kampuh las yang di bevel, seperti kampuh V atau X, sedang untuk membuat persiapan pada pipa dapat dipakai Mesin pemotong gas lingkaran (*Circular Cutting Machine*) atau dengan brander potong.

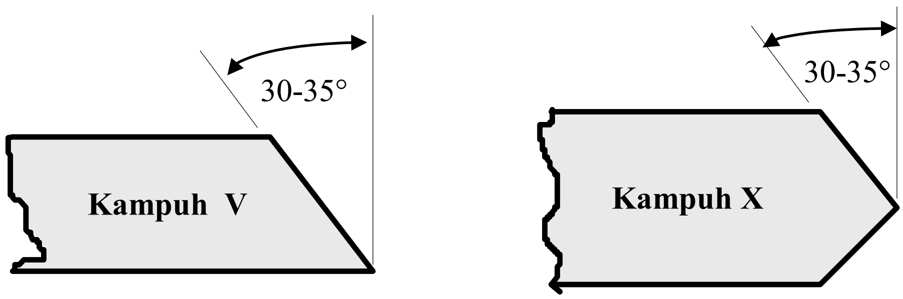
Namun untuk keperluan sambungan sudut yang tidak memerlukan kampuh las dapat digunakan mesin potong pelat (guletin) berkemampuan besar, seperti *Hidrolic Shearing Machine.*

Adapun pada sambungan tumpul perlu persiapan yang lebih teliti, karena tiap kampuh las mempunyai ketentuan-ketentuan tersendiri, kecuali kampuh I yang tidak memerlukan persiapan kampuh las, sehingga cukup dipotong lurus saja.

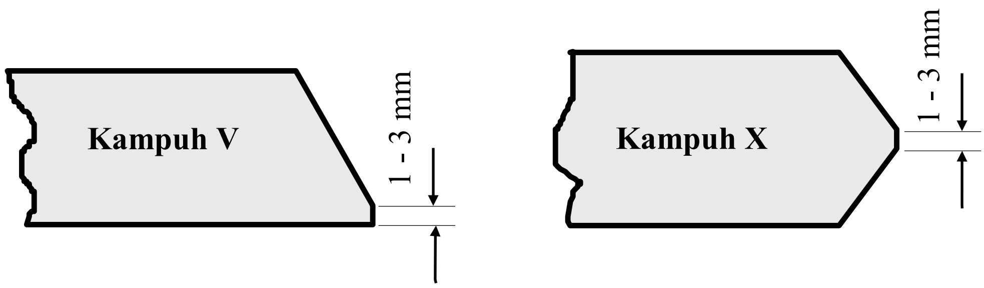
a. Kampuh V dan X (Single Vee dan Double Vee)

Untuk membuat kampuh V dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Potong sisi pelat dengan sudut (*bevel*) antara 30° - 35° dengan menggunakan pemotong gas lurus (*Straight Cutting Machine*).



- Buat "*root face*" selebar 1 - 3 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan/atau kikir rata. Kesamaan tebal/lebar permukaan "*root face*" akan menentukan hasil penetrasi pada akar (*root*)



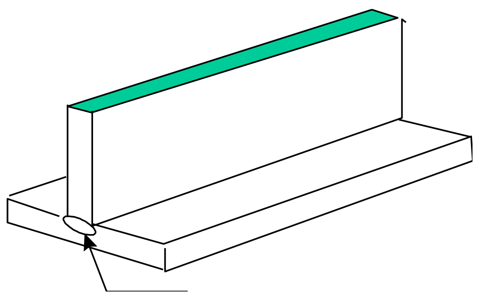
Gambar Persiapan Las

Kampuh U dan J.

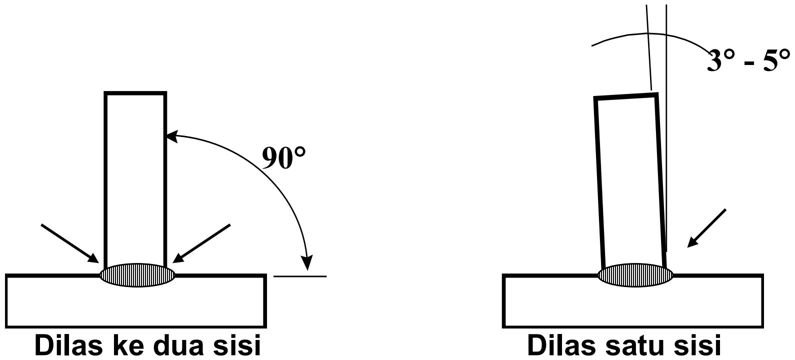
Pembuatan kampuh U dan J dapat dilakukan dengan dua cara :
Melanjutkan pembuatan kampuh V (*Single Vee*) dengan mesin gerinda sehingga menjadi kampuh U atau J.
Dibuat dengan menggunakan teknik "gas gouging", kemudian dilanjutkan dengan gerinda dan /atau kikir.

Setelah dilakukan persiapan kampuh las, baru dirakit (dilas catat) sesuai dengan bentuk sambungan yang dikerjakan.
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan las catat (*tack weld*) adalah sebagai berikut :

- Pada sambungan sudut cukup di las catat pada kedua ujung sepanjang penampang sambungan atau dengan jarak tiap ± 150mm.
- Bila dilakukan pengelasan sambungan sudut (T) pada kedua sisi, maka konstruksi sambungan harus 90° terhadap bidang datarnya. Bila hanya satu sisi saja, maka sudut perakitannya adalah 3° - 5° menjauhi sisi tegak sambungan, yakni untuk mengantisipasi tegangan penyusutan / distorsi setelah pengelasan.



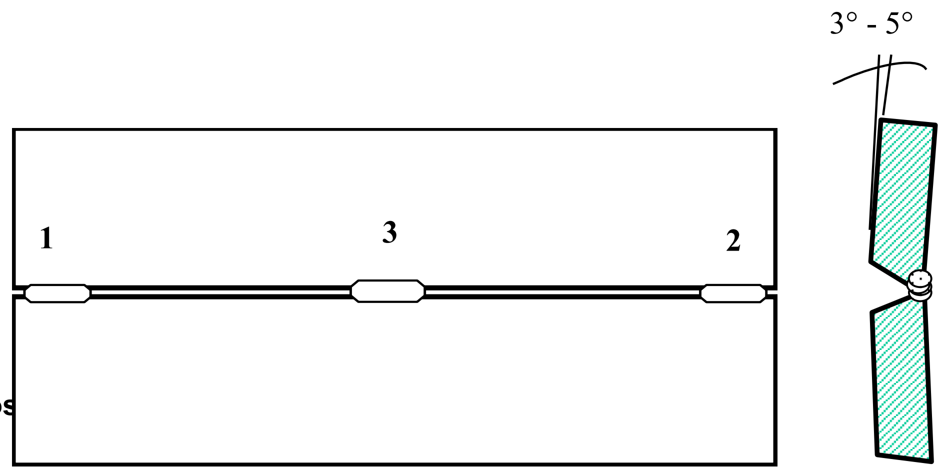
Las catat



Gambar Las Catat

Pada sambungan tumpul kampuh V, X, U atau J perlu dilas catat pada beberapa tempat, tergantung panjang benda kerja.

Untuk panjang benda kerja yang standar untuk uji profesi las (300 mm) dilakukan tiga las catat, yaitu kedua ujung dan tengah dengan panjang las catat antara 15 -30 mm. Sedang untuk panjang benda kerja dibawah atau sama dengan 150 mm dapat dilas catat pada kedua ujung saja.



Pos

Secara umum posisi pengelasan ada empat, yaitu :

- Posisi dibawah tangan/flat/down hand.
- Posisi mendatar/horizontal
- Posisi tegak/vertikal



- Posisi di atas kepala/overhead.

Namun karena karakteristik pekerjaan dan jenis bahan yang berbeda, maka posisi pengelasan diurai menjadi :

Posisi Pengelasan pada Pelat

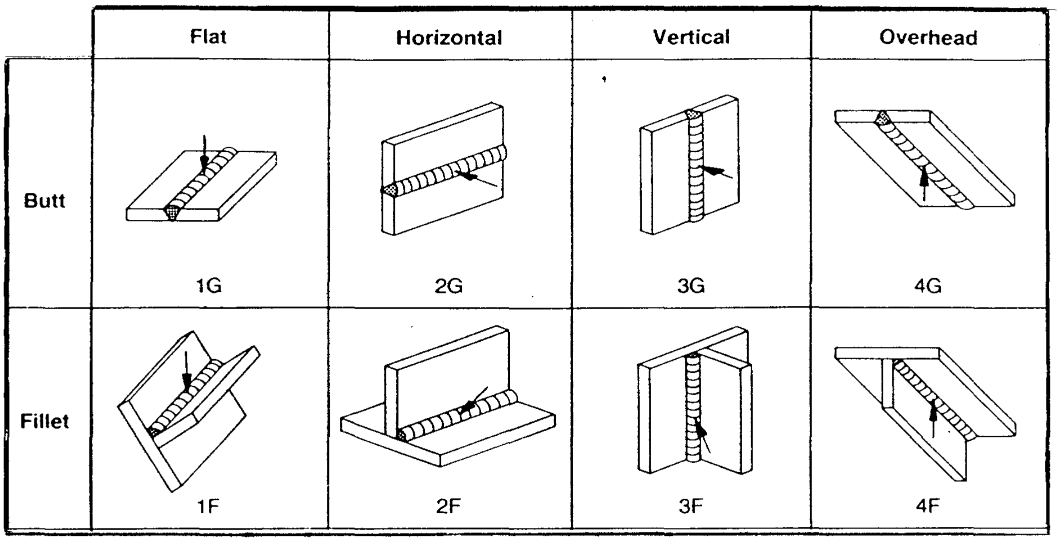
- Posisi flat sambungan tumpul (1G)
- Posisi flat sambungan sudut/fillet (1F)
- Posisi horizontal sambungan tumpul (2G)
- Posisi horizontal sambungan sudut/fillet (2F)
- Posisi tegak sambungan tumpul (3G).
- Posisi tegak sambungan sudut/fillet (3F)
- Posisi di atas kepala sambungan tumpul (4G)
- Posisi di atas kepala sambungan sudut/fillet (4F)

Posisi Pengelasan pada Pipa

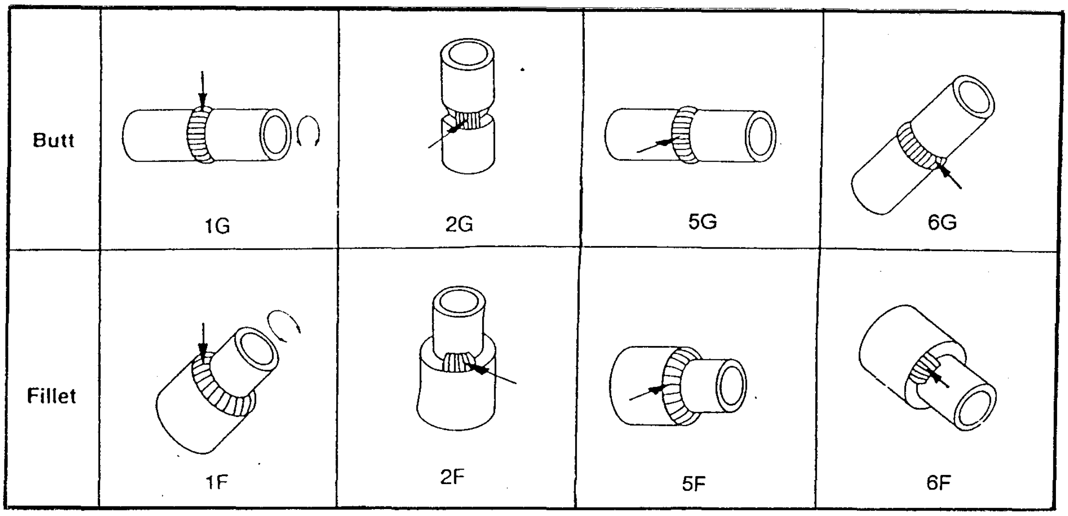
- Posisi sumbu horizontal pipa **dapat diputar** diameter sama /sambungan tumpul (1G
- Posisi sumbu horizontal pipa dapat diputar diameter berbeda /sambungan sudut /fillet (1F)
- Posisi sumbu tegak sambungan tumpul (2G)
- Posisi sumbu tegak sambungan sudut /fillet (2F)
- Posisi sumbu horizontal pipa **tidak dapat diputar** (tetap) sambungan tumpul (5G)
- Posisi sumbu horizontal pipa **tidak dapat diputar** (tetap) sambungan sudut /fillet (5F)
- Posisi sumbu miring 45° sambungan tumpul (6G)
- Posisi sumbu miring 45° sambungan pipa-pelat / sambungan sudut /fillet (6F)

Berikut adalah gambar posisi pengelasan pada pelat dan pipa :

POSISI PENGELASAN PADA PELAT



POSISI PENGELASAN PADA PIPA



Gambar 1 : Posisi Pengelasan

1.3 Rangkuman

- ❖ Ada dua macam sambungan dalam pengelasan yaitu sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul (*butt*)
- ❖ Macam – macam bentuk sambungan:
  - Sambungan sudut dalam (T-joint atau L-joint)
  - Sambungan sudut luar (Corner joint)

- Sambungan tumpang (lap joint)
- Sambungan sumbat (Plug joint)
- Sambungan celah (Slot joint)
- Sambungan tumpul (Butt joint)

❖ Bentuk – bentuk kampuh las:

- Kampuh I (Open square butt)
- Kampuh V (Single Vee butt)
- Kampuh X (Duoble Vee butt)
- Kampuh U (Single U butt)
- Kampuh K/Sambungan T dengan penguatan pada kedua sisi (*Reinforcemen on T-butt weld*)
- Kampuh J/ Sambungan T dengan penguatan satu sisi (*Single J-butt weld*)

❖ Pembuatan persiapan las dapat dilakukan dengan :

- Pemotong gas (brander potong)
- Dengan plasma cutting
- Dengan gerinda
- Dengan mesin potong pelat guletin.

1.4 Tugas

Persiapan Las untuk Sambungan T

Tujuan Ipembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu membuat persiapan sambungan sudut (T) pada pelat 10 mm menggunakan peralatan potong gas dengan memenuhi kriteria:

- Hasil potongan rata dan lurus
- Ukuran 70 x 200 x 10 mm
- Distorsi maksimum 5°
- Panjang las catat 10 – 15 mm pada tiga tempat dan jarak simetris

- Konstruksi sambungan siku dan simetris dengan penyimpangan maksimum 5°

Alat dan Bahan

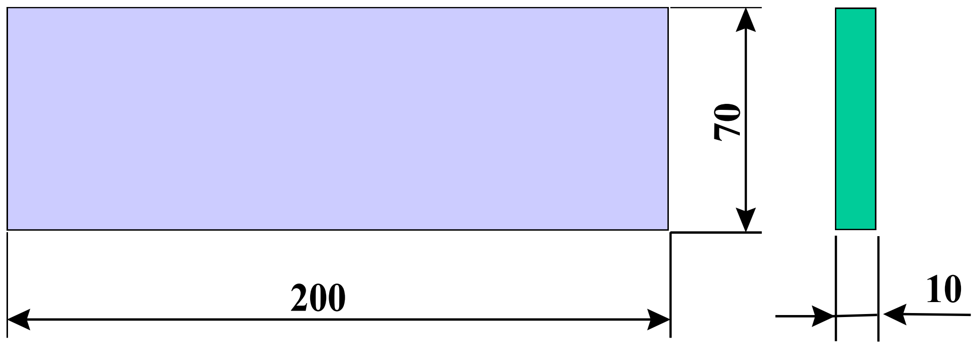
1. **Alat**
   - Seperangkat alat potong gas mekanik (*Straight Cutting Machine*)
   - Seperangkat mesin las busur manual (SMAW)
   - Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja pemotongan dengan gas dan las busur manual
   - Satu set alat bantu las busur manual
2. **Bahan**
   - Pelat baja lunak tebal 10mm
   - Satu set gas asetilin dan oksigen
   - Elektroda AWS-E 6013 ∅ 3,2mm

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

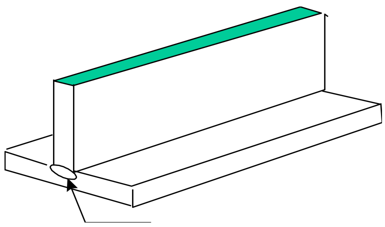
1. Gunakan kacamata yang sesuai (shade 4-5 untuk pemotongan dan shade 10-11 untuk pengelasan).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Hati-hati dengan benda panas hasil pemotongan.

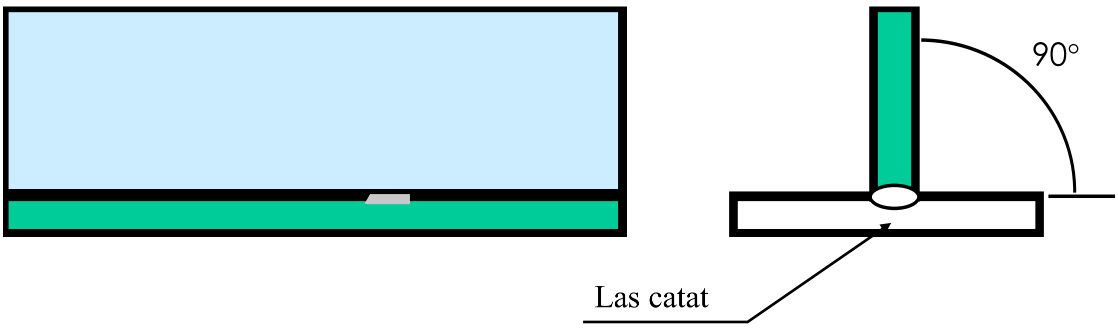
Gambar Kerja

1. **Persiapan Bahan**



2. **Persiapan Sambungan**





E. Langkah kerja.

1. Siapkan peralatan potong gas dan bahan (pelat baja lunak 10 mm).
2. Lukis garis potong sesuai gambar kerja.



3. Tempatkan mesin potong gas di atas pelat yang akan dipotong, dan atur posisi tip potong tegak lurus terhadap pelat.
4. Lakukan pemotongan sejumlah 2 buah (satu set sambungan T), sesuai ukuran yang ditentukan pada gambar kerja.
5. Rapikan sisi potongan dengan menggunakan pahat (jika perlu) gerinda dan/atau kikir.
6. Rakit dan las catat sambungan menggunakan elektroda E 6013 (Rutile) dengan konstruksi tegak lurus satu sama lain.
7. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

Persiapan Las Sambungan Tumpul Kampuh V

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu membuat persiapan sambungan tumpul kampuh V pada pelat 10 mm menggunakan peralatan potong gas dengan memenuhi kriterai :

- Hasil potongan rata dan lurus
- Ukuran 200 x 300 x 10 mm
- Sudul bevel 30° - 35°
- *Root face* dan *root gap* 2mm, rata dan sama
- Distorsi maksimum 5°
- Panjang las catat 15 - 20mm pada tiga tempat dan jarak simetris
- Konstruksi sambungan rata dengan selisih maksimum 1mm

Alat dan Bahan

Alat

- Seperangkat alat potong gas mekanik (*Straight Cutting Machine*)
- Seperangkat mesin las busur manual (SMAW)
- Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja pemotongan dengan gas dan las busur manual
- Satu set alat bantu las busur manual

Bahan

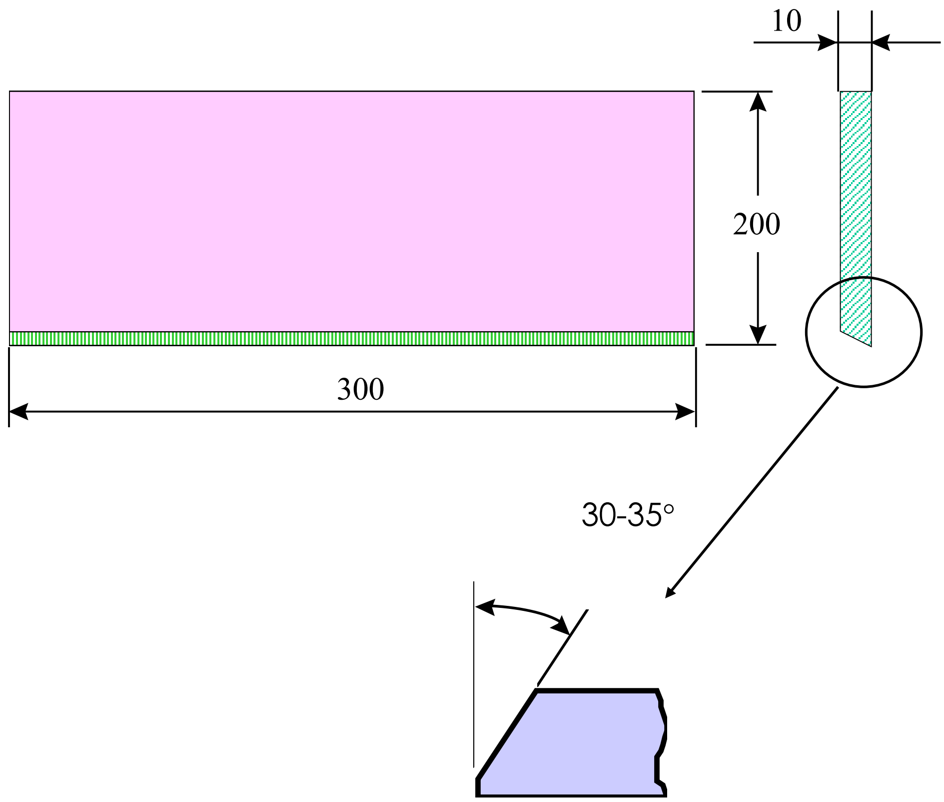
- Pelat baja lunak tebal 10mm
- Satu set gas asetilin dan oksigen
- Elektroda AWS-E 6010/11 ∅ 3,2mm

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

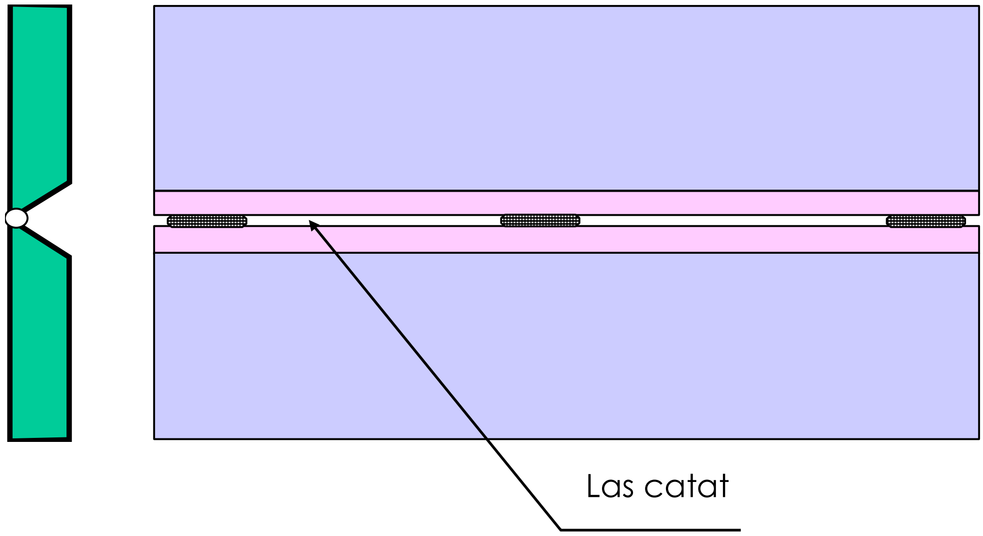
1. Gunakan kacamata yang sesuai (shade 4-5 untuk pemotongan dan shade 10-11 untuk pengelasan).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Hati-hati dengan benda panas hasil pemotongan.

Gambar Kerja

1. Persiapan Bahan



2. Persiapan Sambungan



Langkah kerja.

1. Siapkan peralatan potong gas dan bahan (pelat baja lunak 10 mm).
2. Lukis garis potong sesuai gambar kerja.
3. Tempatkan mesin potong gas di atas pelat yang akan dipotong, dan atur posisi tip potong 55° - 60° terhadap pelat.
4. Lakukan pemotongan sejumlah 2 buah (satu set sambungan tumpul), sesuai ukuran yang ditentukan pada gambar kerja.
5. Periksa hasil pemotongan, apakah sesuai dengan gambar kerja.
6. Gunakan mal sudut untuk memeriksa sudut potongan.
7. Rapikan sisi potongan dengan menggunakan pahat (jika perlu) gerinda dan/atau kikir.
8. Rakit dan las catat sambungan menggunakan elektroda E 6010/11 (*Cellulose*) dengan konstruksi kemiringan antara 3° - 5° dari permukaan rata.


3° - 5°

9. Bersihkan dan dinginkan benda kerja .



10. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.
11. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan.

1.5 Tes Formatif

1. Jelaskan Prosedur yang dilakukan untuk pemasangan material pengelasan posisi horisontal !.
2. Sebutkan macam – macam symbol posisi pengelasan !
3. Sebutkan alat keselamatan kerja yang digunakan dalam mempersiapkan sambungan.
4. Berapa sudut bevel yang di sarankan untuk persiapan kampuh las "V" untuk tebal pelat 12 mm.
5. Gambarkan persiapan bahan untuk kampuX (double V) untuk material pelat dengan ketebalan 12mm!.

1.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....
4. ....
   ....
   ....
   ....
5. ....
   ....



1.7 Lembar Kerja Peserta didik

Buat laporan proses persiapan sambungan dan kampuh las untuk sambungan “T” dan kampuh “V” seperti yang ditugaskan di atas. Lengkapi dengan gambar.

Nama Pekerjaan :

Nama Peserta :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

NO	ASPEK	URAIAN
1.	K3	
2.	Peralatan kerja	
3.	Tekanan kerja gas	
4.	Ukuran Tip	
5.	Posisi pemotong	
6.	Posisi pelat	
7.	Peletakan rel mesin potong	
8.	Benda kerja setelah selesai dipotong	
9.	Las catat	
10.	Akhir pekerjaan	



Kegiatan Belajar 2 : Persiapan Penyetelan Mesin Las (review)

2.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran siswa dapat:

- Mengidentifikasi peralatan pengelasan SMAW.
- Mendeskripsikan peralatan pengelasan SMAW
- Menyiapkan peralatan pengelasan SMAW
- Menyetel peralatan pengelasan SMAW sesuai dengan SOP.

2.2 Uraian Materi

Sumber Arus Las

Ada tiga macam sumber arus las dan menghasilkan dua macam arus las seperti dapat dijelaskan dibawah ini :

- Transformator Las menghasilkan arus bolak - balik
- Penyearah Las menghasilkan arus searah
- Generator Las menghasilkan arus searah

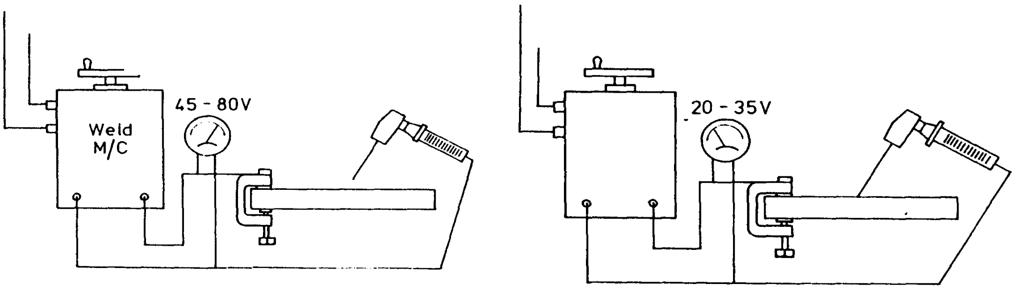
Sumber arus las secara umum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Tegangan las rendah (± 15 sampai dengan 100 volt)
- Arus las tinggi (± 15 sampai dengan 400 ampere)
- Arus las dapat distel
- Jaminan keamanan terhadap hubungan pendek lingkaran arus las
- Kerugian arus las selama pengelasan, sekecil mungkin

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dibutuhkan mesin las. Sumber listrik menyediakan tegangan dan arus yang butuhkan untuk menghasilkan busur las. Arus yang dibutuhkan sangat tinggi untuk dapat mencairkan permukaan benda kerja dan ujung elektroda. Disamping itu sangat penting menjaga kestabilan arus listrik selama elektrode menghasilkan busur listrik. Jika elektroda terlalu jauh, maka arus yang mengalir akan terhenti sehingga berakibat terhenti pula pembentukan busur las. Sebaliknya, jika terlalu dekat atau menyentuh/ menekan benda kerja, maka busur yang terjadi terlalu pendek/ tidak ada jarak sehingga elektroda akan menempel pada benda kerja, dan jika hal ini agak berlansung lama, maka keseluruhan batang elektroda

akan menerima panas yang sama yang berkibat mencairnya keseluruhan batang elektroda tersebut.

Pada saat belum terjadinya busur las disebut “sirkuit terbuka “ (*open circuit voltage* /OCV) mesin las akan menghasilkan tegangan sebesar 45 – 80 volt, sedangkan pada saat terjadinya busur las, disebut “sirkuit tertutup” (*close circuit voltage* /CCV) tegangan akan turun menjadi 20 – 35 volt.



Sirkuit Terbuka /OCV Sirkuit Tertutup /CCV

Gambar Sirkuit Terbuka dan Tertutup

Memperbesar busur las adalah dengan cara memperbesar/mempertinggi amper yang dapat diatur pada mesin las. Saat busur las terbentuk, temperatur pada tempat terjadinya busur las tersebut akan naik menjadi sekitar 6000° C, yaitu pada ujung elektroda dan pada titik pengelasan. Bahan mencair membentuk kawah las yang kecil dan ujung elektroda mencair membentuk butir-butir cairan logam yang kemudian melebur bersama-sama kedalam kawah las pada benda kerja. Dalam waktu yang sama salutan (*flux*) juga mencair, memberikan gas pelindung di sekeliling busur dan membentuk terak yang melindungi cairan logam. Kecepatan mencair dari elektroda ditentukan oleh jumlah arus listrik yang dipakai.

Mesin las terdiri dari mesin las AC dan mesin las DC, di mana kedua mesin las ini dapat menghasilkan dan menyediakan tegangan dan arus listrik yang cukup untuk terjadinya proses pengelasan. Kedua jenis mesin las tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga dalam penggunaannya harus benar-benar diperhatikan agar sesuai dengan bahan yang dilas ataupun teknik-teknik pengelasannya.



Mesin Las Arus Bolak-balik (AC)

Mesin las arus bolak-balik sebenarnya adalah transpormator penurun tegangan. Transformator (trafo mesin las) adalah alat yang dapat merubah tegangan yang keluar dari mesin las. Tegangan yang diperlukan oleh mesin las bermacam-macam biasanya 110 V, 220 V, 380 V atau 420 V. Pengaturan arus pada pengelasan dapat dilakukan dengan cara memutar tuas, menarik, atau menekan, tergantung pada konstruksinya, sehingga kedudukan inti medan magnit bergeser naik-turun pada transformator. Pada mesin las arus bolak-balik, kabel masa dan kabel elektroda dipertukarkan tidak mempengaruhi perubahan panas yang timbul pada busur nyala.

Mesin Las Arus Searah (DC)

Mesin las arus searah mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah atau dari generator arus searah yang digerakkan oleh motor bensin atau motor diesel sehingga cocok untuk pekerjaan lapangan atau untuk bengkel-bengkel kecil yang tidak mempunyai jaringan listrik.

Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur /dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara :

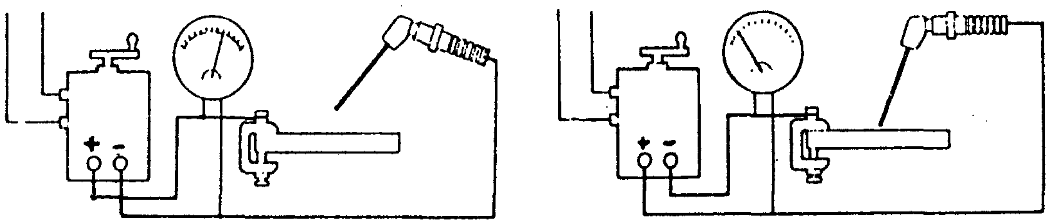
- Pengkutuban langsung (Direct Current Straight Polarity / DCSP/DCEN)
- Pengkutuban terbalik (Direct Current Reverce Polarity / DCRP/DCEP)

Pengkutuban langsung (DCSP/DCEN) :

Dengan pengkutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja.

Pengkutuban terbalik (DCRP/ DCEP) :

Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja , dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.



DCSP / DCEN　　　　DCRP / DCEP

Gambar Pengkutuban Mesin Las DC

Duty Cycle

Semua tipe mesin las diklasifikasikan/ diukur berdasarkan besarnya arus yang dihasilkannya (*current output*) pada suatu besaran tegangan (*voltage*). Ukuran ini ditetapkan oleh fabrik pembuatnya sesuai dengan standar yang berlaku pada negara pembuat tersebut atau standar internasional, di mana standar tersebut menetapkan kemampuan maksimum mesin las untuk beroperasi secara aman dalam batas waktu tertentu.

Salah satu ukuran dari mesin las adalah persentase dari "***duty cycle***". *Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*). Sebagai contoh, jika suatu mesin las berkemampuan 300 Amper dengan *duty cycle* 60%, maka artinya mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300 Amper pengelasan selama 60% per 10 menit penggunaan (6/10).

Jika penggunaan mesin las tersebut dibawah 60% (*duty cycle* diturunkan), maka arus maksimum yang diizinkan akan naik. Dengan demikian, jika misalnya '*duty cycle'* nya hanya 35% dan besar arusnya tetap 300 Amper, maka mesin las akan dapat dioperasikan pada 375 Amper.



Hal tersebut berdasarkan perhitungan :

- Selisih : 60% - 35 % = 25 %
- Peningkatan : 25/60 x 300 = 125, sehingga 60% x 125 = 75 Amper.
- Arus maksimum yang diizinkan = 75 + 300 = 375 Amper.

Pengaturan Arus (Amper) Pengelasan

Besar kecilnya amper las terutama tergantung pada besarnya diameter elektroda dan tipe elektroda. Kadang kala juga terpengaruh oleh jenis bahan yang dilas dan oleh posisi atau arah pengelasan. Biasanya, tiap fabrik pembuat elektroda mencantumkan tabel variabel penggunaan arus las yang disarankan pada bagian luar kemasan elektroda.

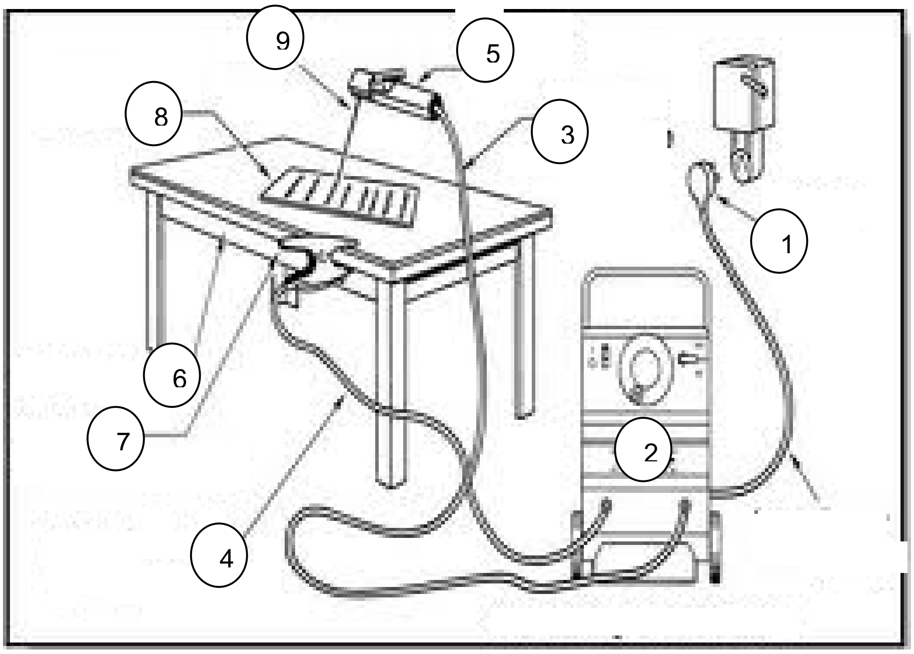
Di lain fihak, seorang operator las yang berpengalaman akan dengan mudah menyesuaikan arus las dengan mendengarkan, melihat busur las atau hasil las. Namun secara umum pengaturan amper las dapat mengacu pada ketentuan berikut :

DIAMETER ELEKTRODA		BESAR ARUS
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper
3/16 Inchi	4,8 mm	140 –240 Amper
1/4 Inchi	6,4 mm	200 – 350 Amper

Prosedur Pemasangan Las Listrik Manual

Untuk menghindari hal-hal yang tidak diijinkan, misalnya kerusakan atau kecelakaan yang ditimbulkan oleh aliran listrik, maka dalam memasang/setting perangkat las listrik harus mengikuti aturan-aturan keselamatan kerja, sehingga kerusakan/kecelakaan fatal dapat dicegah / dihindari.

Dibawah ini skema yang menggambarkan setting perangkat las listrik yang paling mendasar ;



Keterangan :

1. Stop kontak ke jaringan listrik umum
2. Sumber arus las (mesin las)
3. Kabel penghantar arus las (untuk elektroda)
4. Kabel penghantar arus las (untuk benda kerja)
5. Penegang elektroda
6. Meja kerja
7. Klem benda kerja
8. Benda kerja
9. Elektroda

Catatan :

- Stop kontak, kabel penghantar listrik dan pemegang elektroda harus terisolasi dengan baik.
- Klem benda kerja harus kuat jepitannya.

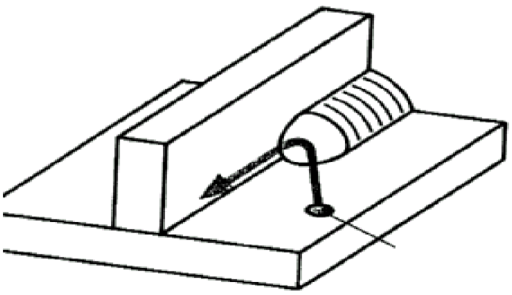
Langkah - langkah pemasangan :

1. Menyiapkan mesin las dan perlengkapannya pada tempatnya.
2. Memasang kabel-kabel arus las (lengkap dengan pemegang elektroda dan klem benda kerja sesuai keperluan) pada mesin las. Pilih panjang las.
3. Menggelar kabel-kabel las (tidak boleh dalam keadaan gulungan).
4. Menempatkan pemegang elektroda pada tempatnya (tidak menyebabkan hubungan pendek).
5. Mengikatkan klem benda kerja dengan kuat dan diikat dengan daerah pengelasan.
6. Memasang stop kontak ke jaringan Listrik Umum.
7. Menghidupkan mesin
8. Menyetel amper
9. Memasang elektroda
10. Pengelasan siap dilaksanakan

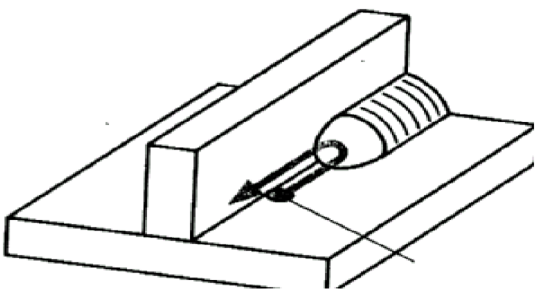
Memulai dan menghentikan pengelasan

Penyalaan busur las dapat dilakukan dengan menyentuhkan ujung elektroda dengan benda kerja, sebaliknya untuk memadamkan busur las dengan cara menjauhkan ujung elektroda dari benda kerja. Benar tidaknya penyalaan dan pemadaman busur las akan memepengaruhi mutu lasan terutama pada sambungan alur las.

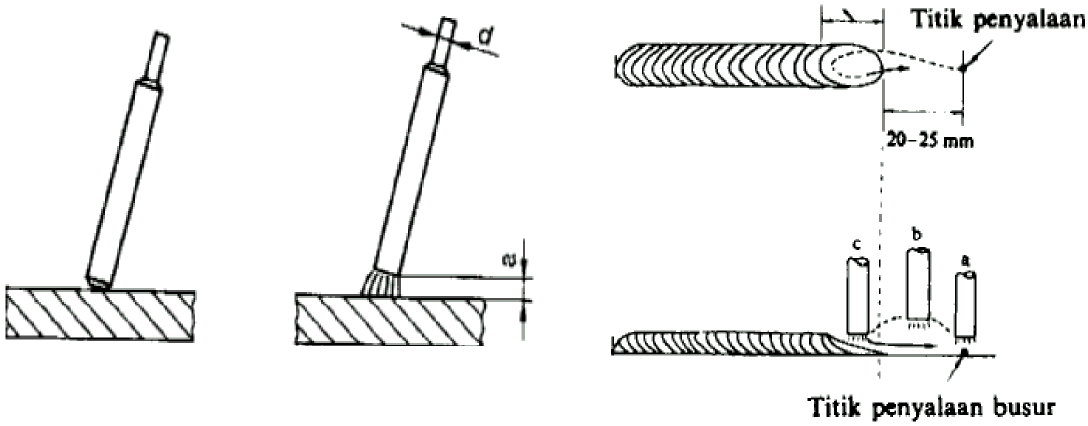
Penyalaan busur listrik:



salah



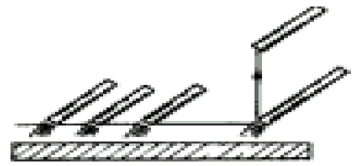
Benar, dinyalakan ± 20 mm dari ujung alur las.



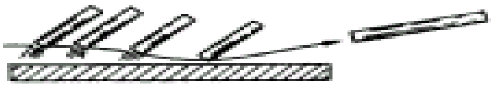
Sentuhkan dan angkat setinggi
diameter elekroda (a ≈ d)

Menghentikan pengelasan

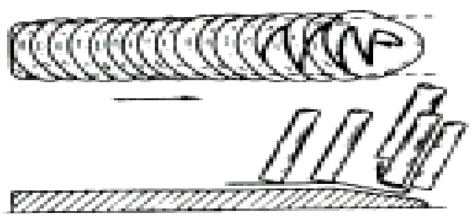
Untuk mendapatkan sambungan alur las yang baik, sebelum mengangkat elektroda sebaiknya panjang busur dikurangi dengan merapatkan elektroda baru kemudian elektroda ditarik agak miring. Pemadaman busur las sebaiknya tidak dilakukan di tengah - tengah kawah las tetapi diputar sedikit kembali kemudian ditarik (lihat gambar).



(a) Pemadaman yang salah.



(b) Pemadaman yang baik.



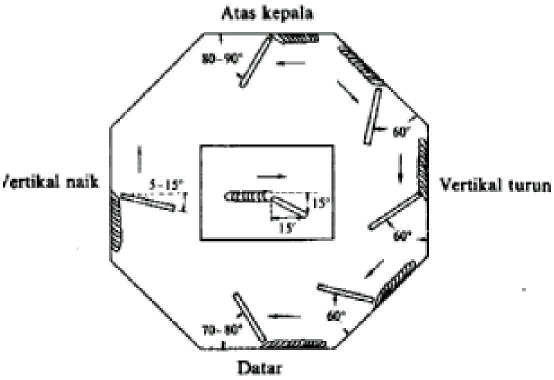


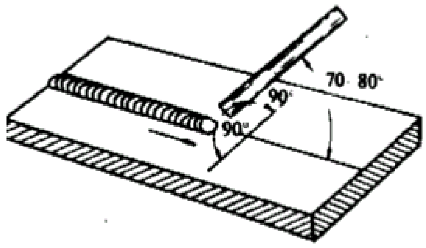
Menjalankan Elektroda :

Setelah diperoleh busur las maka kemudian elektroda dijalankan pada kecepatan tertentu untuk membentuk alur las.

Menjalankan elektroda boleh ditarik lurus maupun diayun dengan selalu menjaga busur las pada ukuran yang stabil.

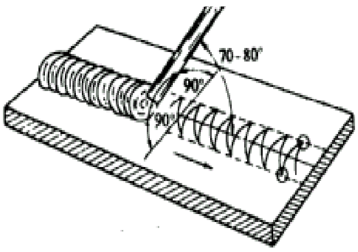
Sudut elektroda terhadap benda kerja tergantung posisi pengelasan.

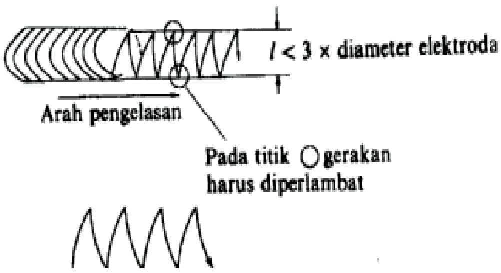




Sudut elektroda pada las lurus.

Sudut elektroda pada las tumpul





Gerakan ayunan elektroda



2.3 Rangkuman

- Ada tiga macam sumber arus las dan menghasilkan dua macam arus las:
  - Transformator Las menghasilkan arus bolak - balik
  - Penyearah Las menghasilkan arus searah
  - Generator Las menghasilkan arus searah
- Persyaratan sumber arus las yang harus dipenuhi oleh mesin las adalah sebagai berikut:
  - Tegangan las rendah (± 15 sampai dengan 100 volt)
  - Arus las tinggi (± 15 sampai dengan 400 ampere)
  - Arus las dapat distel
  - Jaminan keamanan terhadap hubungan pendek lingkaran arus las
  - Kerugian arus las selama pengelasan, sekecil mungkin
- *Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*).

2.4 Tugas

Pengaturan Amper Las

Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu :

- Melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik.
- Mendemonstrasikan pengelasan dengan menggunakan beberapa ukuran elektroda.
- Menganalisis hasil las dengan berbagai variasi besaran amper pengelasan.
- Menetapkan atau mengambil kesimpulan tentang besarnya amper yang sesuai dengan diameter suatu tipe elektroda.



Alat dan Bahan

Alat :

- Seperangkat mesin las busur manual
- Peralatan bantu
- Peralatan keselamatan & kesehatan kerja

Bahan :

- Pelat baja lunak, ukuran 8 x 100 x 200 mm, 1 buah
- Elektroda jenis rutile (E 6013) : ∅ 2,6 ; ∅ 3,2 dan ∅ 4,0 mm

Langkah Kerja

1. Menyiapkan 1 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 100 x 200 x 8 mm .
2. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
3. Melukis beberapa garis jalur las dengan jarak ± 20 mm menggunakan kapur dan/atau penitik garis.
4. Mengatur amper mengelasan dengan mengacu pada ketentuan yang disarankan untuk tiap ukuran diameter elektroda. (lihat tabel)

5. Tabel diameter dan arus pengelasan

DIAMETER ELEKTRODA		**BESAR ARUS**
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper

6. Melakukan penyalaan (membuat jalur las) menggunakan elektroda E 6013 diameter 2,6 mm dengan besar amper las yang bervariasi, kemudian catat tiap perubahan amper las yang dilakukan pada tabel di bawah ini.

7. Membandingkan hasil las yang dibuat, sehingga dapat ditentukan besarnya amper las yang cocok untuk diameter elektroda tersebut (∅ 2,6 mm).

JIKA ADA MASALAH, HUBUNGI BEMBIMBING PRAKTIK!

8. Melakukan pengelasan dengan menggunakan elektroda ∅ 3,2 dan ∅ 4,0 dengan cara dan langkah kerja yang sama.
9. Menyimpulkan temuan tersebut, sehingga Anda punya ketetapan sendiri tentang besarnya amper las untuk tiap ukuran diameter elektroda.

2.5 Tes Formatif

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan siklus kerja atau Duty Cycle (DC) !
2. Apa yang dimaksud dengan *OCP dan CCP* jelaskan!
3. Apa yang dimaksud dengan pengkutuban langsung dan pengkutuban terbalik, jelaskan!
4. Apakah keuntungan pada proses pengelasan jika menggunakan mesin DC dengan pengkutuban terbalik, jelaskan!.
5. Sebutkan langkah – langkah pemasangan mesin sebelum kita memulai pengelasan!

2.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

6. ....
....
....
....
7. ....
....
....
....
8. ....
....
....
....
9. ....
....



....

....

10. ....

....

....

....

2.7 Lembar Kerja Peserta didik

Buat laporan hasil proses penyetelan amper / mencoba elektroda.

Nama Pekerjaan :

Nama Peserta :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

	VARIASI BESAR ARUS			
∅ ELEKTRODA	**1**	**2**	**3**	**4**
2,6 mm	……Amp.	……Amp.	……Amp.	……Amp.
3,2 mm	……Amp.	……Amp.	……Amp.	……Amp.
4,0 mm	……Amp.	……Amp.	……Amp.	……Amp.

Analisis masing - masing hasil pengelasan pada diameter elektroda dan ampere yang digunakan. Pada ampere berapakah hasil pengelasan yan baik. Kemudian bagaimana pula akibat yang terjadi pada penggunaan ampere yang terlalu kecil maupun terlalu besar.

Diskusikan secara berkelompok kemudian hasilnya dipresentasikan di depan kelas.



Kegiatan Belajar 3 : Pemilihan dan Penyiapan Elektroda (review)

3.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini siswa dapat memilih dan menyiapkan macam-macam bahan tambah las (elektroda) untuk Las Busur Listrik Manual (SMAW).

3.2 Uraian Materi

Pada las busur listrik manual (SMAW), elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus, dimana terdiri dari batang kawat (inti) dan salutannya (flux). Kawat elektroda dan salutannya akan mencair di dalam busur selama proses pengelasan dan membentuk rigi-rigi las (kampuh las). Dimana salutan (fluks) dari elektroda tersebut berfungsi sebagai gas pelindung, yang mana dapat melindungi cairan las dari pengaruh udara luar. Adapun salutan (fluks) ini terdiri dari campuran bahan mineral dan zat kimia inilah yang menentukan karakter pengoperasian dan komposisi pada akhir pengelasan. Jenis arus las yang dipakai adalah arus AC, DC + atau DC - , dan akan berubah sesuai dengan jenis elektroda yang digunakan serta diharapkan dapat memilih jenis elektroda secara berhati-hati sebelum digunakan untuk mengelas. Karena bila arus las yang digunakan sesuai dengan ukuran dan jenis dari elektrodanya, maka akan dapat menghasilkan lasan yang baik dan ideal. Bila arus lasnya tidak sesuai, maka akan menyebabkan hasil lasan menjadi tidak memuaskan atau dapat dikatakan performasi dari elektroda menjadi jelek.

Elektroda perlu dan harus disimpan di tempat yang kering dengan temperatur ruangan kira-kira 40º C, agar tidak lembab karena adanya pengaruh kelembaban udara. Dan secepat mungkin ditutup kembali (dirapatkan) bila bungkus elektroda tersebut terbuka, serta seharusnya disimpan kembali di dalam kabinet yang mempunyai sirkulasi udara yang temperaturnya dapat dikontrol antara 40º C sampai dengan 100º C, tergantung dari jenis elektrodanya. Contoh, elektroda *low hydrogen* dengan temperatur 100ºC dan elektroda rutile dengan temperatur 40º C. Jadi dapat dikatakan bahwa penyimpanan, penanganan, dan perawatan elektroda tersebut sangat penting artinya karena dapat menjaga agar salutan dari elektroda tetap dalam kondisi yang baik. Karena elektroda dapat menyerap

embun (kelembaban udara) bila penyimpanannya tidak benar, dan dengan kelembaban ini akan berdampak hilangnya karakter elektroda serta kualitas endapan logam lasan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya *porosity* pada hasil lasan dan menambah lemahnya struktur lasan yang mengakibatkan retak pada saat pemakaian.

Masalah-masalah yang muncul akibat salutan elektroda yang terlalu lembab:

- Sulit dalam membuang terak.
- Salutan menjadi merah terbakar terutama jenis *cellulosa*.
- Terjadi *porosity* pada logam hasil lasan.
- Nyala busur menjadi tidak stabil.
- Percikan busur las berlebihan.
- Retak pada logam las atau pada daerah pengaruh panas (HAZ).

Elektroda yang lembab dapat direkondisi dan dikeringkan kembali untuk mengurangi kelembaban yang berlebihan. Tetapi bagaimanapun juga semua jenis elektroda memerlukan sedikit kelembaban dan bila terlalu kering juga dapat merusak elektroda tersebut dan berdampak pada performasinya.

Contoh:

- Elektroda *Rutile*

  Untuk memperoleh hasil pengelasan yang baik elektroda *rutile* perlu sedikit lembab, yang mana sudah direncanakan selama proses pembuatan, bahwa elektroda ini tidak boleh terlalu kering. Bila elektroda *rutile* ini menjadi lembab maka keringkan kembali pada temperatur 170° C selama 30 menit.

- Elektroda *Cellulosa*

  Elektroda *cellulosa* ini perlu sedikit lebih tinggi prosentase kelembabannya untuk
  memperoleh performasi yang lebih baik. Bila terlalu kering, tegangan busur listrik
  menjadi berkurang dan akan berakibat pada karakter pengoperasiannya.

- Elektroda *Low Hydrogen*

  Apabila elektroda *low hydrogen* ini lembab, maka elektroda ini harus dikeringkan kembali pada temperatur antara 250º C sampai dengan 350º C selama 2 jam. Jangan melewati batas temperatur dan waktu maksimum yang diijinkan karena dapat menyebabkan perubahan kimia dalam salutannya yang akan berakibat perubahan secara tetap pada performasi elektroda tersebut.
- Elektroda bersalut serbuk besi (*Iron Powder*)

  Elektroda dengan bahan tambah salutan serbuk besi, bila mengalami kelembaban maka harus dikeringkan kembali pada temperatur 250º C selama 2 (dua) jam.

Catatan:

4. Temperatur di atas hanya merupakan petunjuk prosedur pengkondisian secara umum, sedangkan temperatur pengeringan elektroda yang lebih rinci dapat diperoleh dari petunjuk dan spesifikasi melalui supplier elektroda.
5. Ikutilah petunjuk temperatur yang disarankan oleh pabrik pembuat elektroda tersebut, jika kurang kering maka lembab tidak akan hilang, dan jika terlalu kering dapat mengubah sifat dan karakteistik pemakaian elektroda itu sendiri.
6. Buanglah semua elektroda yang tercemar udara lembab yang tinggi, dan jangan sekali-kali digunakan untuk mengelas material yang sensitif terhadap bahaya retak.

Pengetahuan dalam pemilihan elektroda merupakan suatu persyaratan mutlak yang harus dimiliki oleh setiap ahli las dan merupakan hal yang sangat dianjurkan bagi juru las yang baik dan berkualifikasi.

Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan, dan elektroda bukan besi (*non ferrous*). Namun elektroda berdasarkan fungsinya dalam kaitan dengan hubungan pengelasan, sebagai elektroda listrik yang habis terpakai (*consumable*), dikarenakan adanya loncatan busur nyala listrik yang diakibatkan adanya jarak yang sengaja dan dijaga ketetapan ukurannya antara elektroda tersebut dengan benda kerja. Elektroda ini ada yang langsung terpakai dan ada juga yang secara tidak langsung, misalnya pada las TIG atau *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).



Elektroda langsung habis terpakai digunakan pada las busur listrik manual (*Shielded Metal Arc Welding* – SMAW), sedang pelindungnya dapat berupa gas yang berasal dari terbakarnya lapisan pelindung kimia (*coating*) elektroda tersebut atau berupa butir-butir (serbuk) zat pelindung oksidasi seperti yang digunakan pada las busur rendam (*Submerged Arc Welding* – SAW).

Elektroda yang tidak langsung habis terpakai biasanya terbuat dari logam tungsten, yang tahan terhadap panas yang sangat tinggi. Elektroda jenis ini dipakai hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik, yang nantinya dapat meleburkan logam induk dan logam tambah lainnya yang lazim disebut batang las (*welding rod*). Dan sebagai alat pelindung oksidasi dipakai berbagai jenis gas pelindung, seperti: argon, helium, gas plasma, dan lain–lain.

Bahan tambah yang berupa elektroda atau batang las haruslah terbuat dari logam yang sama dengan bahan induk atau yang cocok dan sesuai dengan logam dasar yang akan disambung. Di atas dicantumkan sketsa penampang suatu proses pengelasan SMAW. Disini tampak fungsi dari lapisan dan butir (serbuk) pelindung oksidasi yang berfungsi untuk melindungi cairan logam las maupun logam yang sedang panas membara dari proses oksidasi.

Lapisan pelindung oksidasi sewaktu terbakar menjadi cair dan sekaligus menghasilkan gas yang cukup banyak, sehingga dapat melindungi cairan las selama proses pengelasan berlangsung. Selanjutnya cairan zat lapisan pelindung tersebut ikut mencair dan mengalir ke dalam cairan las, yang dikarenakan adanya perbedaan berat jenis yang lebih kecil dari pada cairan logam, maka cairan lapisan pelindung tersebut mengapung di atas permukaan cairan las dan selanjutnya menutupi atau melindungi alur las (*weld head*) yang terjadi setelah cairan logam las membeku. Cairan lapisan pelindung tersebut ikut membeku dan berubah menjadi lapisan kerak yang keras dan rapuh, lazim disebut *slag* atau terak. *Slag* atau terak tersebut bersifat mudah pecah apabila mendingin, sehingga mempermudah pembuangannya setelah fungsi perlindungannya tidak diperlukan lagi.

Butir (serbuk) pelindung oksidasi sebenarnya juga terbuat dari bahan kimia yang sama dengan lapisan pelindung (*coating*), sehingga mencair dan

mengapung di atas cairan logam dan bersama-sama membeku serta sekaligus menutupi alur las yang terjadi di bawah tumpukan butir-butir pelindung oksidasi yang tidak ikut mencair. Jadi seandainya karena suatu dan lain hal butir-butir tersebut terhembus pergi sewaktu alur las belum mendingin, maka dijamin tidak akan terjadi proses oksidasi pada logam las karena adanya perlindungan lapisan terak atau *slag* tersebut.

Klasifikasi Elektroda

Adapun lapisan pelindung tersebut di atas terdiri dari beberapa jenis yang disesuaikan dengan maksud dan cara perlindungannya yang tepat untuk berbagai jenis pengelasan. Jenis – jenis lapisan pelindung yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- *High cellulose sodium.*
- *High cellulose potassium.*
- *Low hydrogren sodium.*
- *Low hydrogren potassium.*
- *Iron powder, low hydrogren.*
- *High iron oxide.*
- *High titania potasium.*
- *Iron powder, titania.*
- *High titania sodium.*
- *Low hidrogren potassium.*

Zat kimia lapisan pelindung dimaksudkan untuk menghasilkan gas sebanyak-banyaknya sewaktu mencair karena panas busur nyala listrik, dan setelah mendingin cairan kimia tersebut membeku atau mengeras menjadi sejenis terak yang disebut *slag*. Gas yang dihasilkan maupun terak (*slag*) yang terjadi tersebut dimaksudkan untuk melindungi bahan las dari pengaruh udara luar sewaktu dalam keadaan cair dan panas membara, karena hal tersebut akan dapat bereaksi dengan zat asam menjadi oksida yang praktis tidak mempunyai kekuatan mekanis sama sekali, sehingga keberadaannya di dalam sambungan las akan memperlemah sambungan tersebut. Dimana dalam berbagai penggunaan lapisan pelindung (fluks) tersebut dapat dilihat pada tabel klasifikasi elektroda.

Simbol Elektroda dan Fungsinya

Berhubung sangat banyak jenis-jenis elektroda yang digunakan untuk berbagai jenis proses pengelasan, maka untuk memudahkan pemilihannya atau pengidentifikasiannya agar sesuai dengan bahan yang akan dilas dan cara pengelasannya, dibuatlah sistem simbol atau kode yang akan dapat mengidentifikasi jenis-jenis bahan lapisan pelindungnya, kekuatan mekanisnya, posisi atau cara pengelasannya, dan jenis arus serta polaritas listrik yang dikehendaki. Masing-masing negara industri maju menyusun simbol-simbol standar mereka masing-masing, dalam hal ini untuk keuntungan mereka sendiri, sehingga jumlah dan jenis simbol tersebut menjadi sangat banyak.

Namun demikian, dengan persetujuan diantara mereka, terdapat kesamaan-kesamaan ataupun kemiripan dalam sifat mekanis maupun susunan kimianya, sehingga dapat disusun suatu daftar konversi guna alternatif pemakaian seandainya suatu pihak atau pemilik menghendaki jenis elektroda buatan suatu negara tertentu. Dari masing-masing standar tersebut dijabarkan pula simbol-simbol pembuatan, yang selanjutnya pihak pabrik membuat tipe untuk keperluan penjualan mereka sendiri, sehingga jumlahnya makin bertambah saja, misalnya Lincoln tipe *fleetweld* 5P/E6010, Philips tipe C23H, dan lain-lain.

Bahan ajar ini disusun berdasarkan cara-cara dan metode yang berorientasi kepada AWS (*American Welding Society*), sehingga simbol-simbol yang dipakai di sini berdasarkan standar AWS tersebut. Berikut adalah daftar simbol/kode identifikasi elektroda dan batang las berdasarkan AWS. Adapun cara pembacaan sistem identifikasi tersebut adalah sebagai berikut:

E berarti Elektroda.

R berarti *Rod* atau batang las.

B berarti *Brazing* atau solder.

Cu berarti *Cuprum* atau tembaga.

Si berarti *Silicon* atau silisium.

Bahan las jenis hidrogen rendah (*low hydrogen*), seperti E 7015, E 7016, E 7018, E 7028 dan E 7048, mengandung sejumlah gas hidrogen beberapa saat setelah dilaskan. Gas hidrogen ini secara perlahan-lahan akan menghilang sebagian besar setelah 2 hingga 4 minggu pada suhu kamar,



atau setelah 24 hingga 48 jam pada suhu 95 hingga 105 C. Perubahan kandungan hidrogen ini tidak akan mempengaruhi kuat batas mulur (*yield strenght*), kuat tarik (*tensile strenght*) dan kuat tumbuk (*impact strenght*), kecuali duktilitasnya bertambah.

Toleransi Ukuran dari Elektroda

Toleransi garis tengah kawat inti (*core*) berkisar ± 0,002 inchi atau ± 0,05 mm dari ukuran standar. Toleransi kawat inti berkisar ± 1/4 inchi (± 6,35 mm). Lapisan pelindung harus konsentrasi terhadap kawat inti dengan toleransi ukuran kawat inti maks +1 dan ukuran antara kawat inti min +1 tidak melebihi 7% ukuran rata-rata untuk garis tengah 1/16”; 5/64”; dan 3/32” (1,6 mm; 2,0 mm; dan 2,4 mm), 5% ukuran rata-rata untuk garis tengah 1/8” dan 5/32” (3,2 mm dan 4 mm), 4% ukuran rata-rata untuk garis tengah 3/16” (4,8 mm) ke atas.

Kandungan Air

Kandungan air maksimum untuk lapisan pelindung elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* (E 7016, E 7018, E 7028, dan E 7048) sebagai aslinya dari pabrik pembuat atau setelah kondisi fisiknya diperbaiki kembali tidak boleh melebihi 0,6% dari berat semula.

Bagian Elektroda yang Tidak Berlapis Pelindung

Bagian elektroda yang tidak berlapis/bersalut yang dimaksudkan untuk nantinya dijepit oleh holder atau pemegang elektroda las adalah sebagai berikut:

Tabel Ukuran bagian-bagian elektroda

Ukuran Elektroda	Bagian tidak bersalut	Jarak holder ke lapisan/salutan
5/32” (4,0 mm)	½” (13 mm)	1 ¼” (30 mm)
3/16” (4,8 mm)	¾” (19 mm)	1 ½ “ (40 mm)

Untuk pengumpan (*feeder*) yang otomatis, bagian elektroda yang tidak bersalut untuk holder atau pemegang tidak boleh kurang dari 1” (25,4 mm), dan ujung elektroda harus terbuka. Sisi salutan atau lapisan pelindung



pada ujung elektroda tersebut harus diserongkan untuk dapat memudahkan penggoresan atau perolehan busur nyala pendahuluan. Salutan tersebut harus menyelubungi kawat inti paling sedikit ½ lingkaran kawat tersebut dari nyala busur listrik dengan jarak yaitu sebagai berikut:

- Untuk elektroda *low hydrogen* ½ garis tengah kawat atau 1/16” (1,6 mm) pilih yang terkecil
- Untuk jenis elektroda lainnya 2/3 garis tengah kawat atau 3/32” (2,4 mm) pilih yang terkecil.

Perbaikan Kondisi Fisik

Semua jenis elektroda diuji dalam keadaan sebagaimana diterima dari pemasok, kecuali jenis *low hydrogen*. Untuk jenis *low hydrogen* ini bila diterima dalam keadaan kurang menyakinkan atau tidak cukup terlindung dari kelembaban sewaktu penyimpanan, harus selalu dipanaskan terlebih dahulu di dalam oven elektroda, sebelum dipakai untuk pengujian, yakni dipanaskan pada suhu 500^{o} F hingga 800^{o} F atau 260^{o} C hingga 427^{o} C selama kurang lebih 2 jam.

Pengujian Elektroda

Semua jenis elektroda diuji untuk dapat menentukan mutu, yakni apakah sesuai dengan semua persyaratan suatu elektroda las tersebut atau tidak. Adapun cara atau proses pengujiannya adalah sebagai berikut:

- Uji analisis kimiawi, dimana komposisi kimia elektroda baja karbon tidak boleh melebihi limitasi-limitasi yang tertera pada tabel limit komposisi logam las.
- Uji mekanis, dimana uji mekanis tersebut meliputi uji tarik bahan yang sudah dilas secara tranversal.
- Uji pukul takik (charphy v-notch impact test).
- Uji lengkung, dimana bahan yang sudah dilas secara longitudinal terarah (longitudinal guided bend test).
- Uji las fillet, dimana setelah bahan dilas secara fillet hasil lasan diuji dari sifat ujudnya (*visual check*) untuk menentukan apakah las fillet bebas dari retakan, *overlap*, terak terperangkap (*slag inclusion*),

porositas permukaan, dan *undercut* yang lebih dalam dari 1/32” (0,8 mm).

Kecembungan (*convex*) dan panjang kakinya harus sesuai dengan yang tertera pada tabel berikut ini:

Tabel Syarat ukuran las fillet untuk pengujian elektroda

UKURAN LAS FILLET		KECEMBUNGAN MAKSIMUM		BEDA MAKSIMUM PANJANG KAKI-KAKI LAS FILLET	
inchi	mm	inchi	mm	inchi	mm
1/8	3.2	3/64	1.2	1/32	0.8
5/32	4.0	3/64	1.2	3/64	1.2
7/16	4.8	1/16	1.6	1/16	1.6
7/32	5.6	1/16	1.6	5/64	2.0
1/4	6.4	1/16	1.6	3/32	2.4
9/32	7.1	1/16	1.6	7/64	2.8
5/16	8.0	5/64	2.0	1/8	3.2
11/32	8.7	5/64	2.0	9/64	3.6
3/8	9.5	5/64	2.0	5/32	4.0



Ukuran standar dan panjang elektroda tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 3. Ukuran standar dan panjang elektroda

Ukuran standar kawat inti		Klasifikasi Panjang Standar			
		E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6022, E 7014, E 7015, E 7016, E 7018		**E 6020, E 6027, E 7024, E 7027, E 7028, E 7048**	
inchi	mm	inchi	mm	inchi	mm
1/16	1.6	––	230	––	––
5/64	2.0	9/12	230/300	––	––
3/32	2.4	12/14	300/350	12/14	300/350
1/8	3.2	14	350	14	350
5/32	4.0	14	350	14	350
3/16	4.8	14	350	14/18	350/450
7/32	5.6	14/18	350/450	18/28	450/700
1/4	6.4	18	450	18/28	450/700
5/16	8.0	18	450	18/28	450/700

Perlakuan Panas pada Elektroda

Apabila suatu deposit las diberi perlakuan panas, maka suhu dan waktu rendam (*soaking time*) adalah selama deposit las tersebut berada pada suhu yang dikehendaki untuk menghilangkan tegangan yang sangat berperan penting. Dimana batas mulur dan kuat tarik suatu bahan baja biasanya berkurang dengan naiknya suhu dan berjalannya waktu rendam. Sebagai contoh, dua buah benda las yang sama-sama dilas dengan elektroda *low hydrogen* dengan klasifikasi

yang sama, maka WPS (*Welding Procedure System*) sama dan suhu antar panas juga sama, yaitu 300 $^{\pm\,25^\circ}$ F (150 $^{\pm\,14^\circ}$ C), akan berbeda kuat tariknya apabila yang satu diselesaikan tanpa perlakuan panas, sedangkan yang lain diberi perlakuan panas setelah usai dilas. Kuat tarik sambungan las yang diberikan perlakuan panas 1.150 $^{\pm\,25^\circ}$ F (620 $^{\pm\,14^\circ}$C) menjadi 5.000 Psi lebih rendah dari yang tidak mendapat perlakuan panas usai dilas, dan batas mulurnya menjadi 10.000 Psi lebih rendah dari yang tanpa perlakuan panas. Sebaliknya jika kedua-duanya mendapat perlakuan panas yang agak berbeda, kedua sambungan las tersebut akan memiliki batas mulur dan kuat tarik yang hampir sama, misalnya yang satu diberi perlakuan panas 1.150 $^{\pm\,25^\circ}$ F dengan suhu antar panas 300 $^{\pm\,25^\circ}$ F (150 $^{\pm 14^\circ}$ C) dan waktu rendam 1 jam, dan yang lain diberi perlakuan panas 1.150 $^{\pm\,25^\circ}$ F dan suhu antar panas 200 hingga 225° F (93° C hingga 107° C) serta waktu rendam 8 hingga 10 jam.

Kandungan Air pada Salutan/Lapisan Pelindung (*Coating*)

Elektroda dibuat dengan limit kandungan air pada salutannya yang dapat diterima tergantung dari jenis salutan dan kekuatan kawat intinya. Elektroda *low hydrogen* E 7016, E 7018, E 7028, dan E 7048 sangat peka terhadap penyerapan air. Salutan organiknya dirancang untuk mengandung sangat sedikit kelembaban sehingga penyimpanannya harus sangat teliti atau hati-hati. Kandungan air maksimum yang diperbolehkan untuk jenis elektroda ini hanya 0,6%. Jika ternyata elektroda pernah diletakkan pada lokasi yang terbuka sehingga diperkirakan kelembaban elektroda melebihi batas yang diperbolehkan, maka agar dapat digunakan kembali elektroda tersebut harus dipanaskan lagi hingga 800° F (425° C) selama 2 jam untuk dapat menghilangkan kandungan air tersebut.



Berikut adalah tabel syarat-syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda.

Tabel Syarat-syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda

Klasifikasi AWS	Udara luar	Oven Penyimpanan	Pengeringan
E 6010, E 6011	Suhu udara luar	Tidak disyaratkan	Tidak disyaratkan
E 6012, E6013, E 6020, E 6022, E 7027, E 7014, E 7024	$80^{\pm 20^{\circ}}$ F ($30^{\pm}$ 10° C) dengan kelembaban relatif maks. 50%	20 F (10 C) hingga 40 F (20 C) di atas suhu udara di luar	$275^{\pm 25^{\circ}}$F (135 $^{\pm 15^{\circ}}$C) selama 1 jam waktu rendam
E 7015, E 7016 E 7018, E7028, E7048	$80^{\pm 20^{\circ}}$F ($30^{\pm 10^{\circ}}$ C) dengan kelembaban relatif maks. 50%	50 F (30 C) hingga 250 F (140 C) di atas suhu udara luar	$475^{\pm 25^{\circ}}$F (245 $^{\pm 15^{\circ}}$C) selama 2 jam waktu rendam

Untuk pengelasan pada daerah-daerah sub tropis maupun daerah dingin, khususnya pada musim dingin, maka diperlukan pemanasan pendahuluan bagi setiap pengelasan, demikian juga isolasi untuk memperlambat pendinginan guna mencegah proses *quenching* (penyepuhan). Untuk pengelasan di daerah pantai yang anginnya cukup besar, maka sebelum pengelasan, kampuh harus benar-benar bersih dan kering untuk mencegah proses pengaratan akibat titik-titik air garam yang terhembus angin dan mengumpul di dalam kampuh-kampuh las.

Tabel Limit komposisi kimiawi bahan elektroda

Klasifikasi AWS	Persentase maksimum komposisi kimiawi					
	Mn	**Si**	**Ni**	**Cr**	**Mo**	**V**
E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6020, E 6022, E 6027	Tidak ada limit spesifik					
E 7016, E 7018, E 7027	1.60	0.75	0.3	0.2	0.3	0.08
E 7014, E 7015, E 7024, E 7028, E 7048	1.25	0.9	0.3	0.2	0.3	0.08

Kodefikasi Elektroda

Tanda/kode untuk elektroda las telah dinormalisasikan menurut standart, hal ini dimaksudkan untuk meringankan tukang las dalam memilih elektroda dan mempergunakannya.



Contoh tanda dari elektroda las (Normalisasi menurut D I N 1913):

E 51 2 2 R R 6 DIN1913

E 43 2 2 R(C) 3 DIN1913

Normalisasi elektroda las menurut DIN.

Tanda singkatan untuk elektroda SMAW.

Tanda tegangan tarik minimal. Hanya ada kedua tanda angka 43 dan 51.

Tanda angka untuk klasifikasi. Ada dua belas tanda angka dari 1 – 12.

Tanda singkatan untuk tipe selubung / fluks / coating. Dari empat tipe dasar (A, R, B, C) tersusun sepuluh macam tanda singkatan tipe.

Tanda angka untuk pengembangan dan pukul takik. Ada enam tanda angka dari 0– 5. Sesuai tanda angka, maka tiap kali ada ketetapan suhu percobaan ada ketentuan minimal dari pengembangan dan pukul takik.

Tanda angka untuk pukul takik yang semakin tinggi. Ada enam tanda angka dari 0 – 5. Sesuai dengan tanda angka, pada tiap ketentuan suhu percobaan ada ketentuan kenaikan pukul takik minimal.

Selubung (fluks/coating) elektroda

Batang elektroda dibedakan berdasarkan pada tebal selubung dan tipe selubungnya. Ketentuan-ketentuan yang diperlukan tersebut dapat dibaca pada tanda-tanda yang ada pada elektroda.

E 51 22 RR 6 DIN1913

Tanda singkat untuk tipe selubung

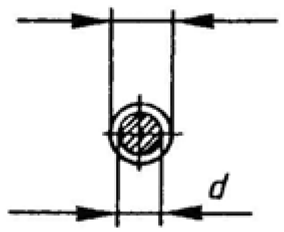
Tanda singkat untuk klasifikasi

Berdasarkan ketebalan dari selubungnya orang dapat mengenal selubung tipis dan selubung tebal, dimana angka pengenal untuk klasifikasi menunjukkan makin tebal selubung maka tanda angkanya semakin besar.

- Angka 1 dan 2 menunjukkan selubungnya tipis.
- Angka 3 dan 4 menunjukkan selubungnya sedang.
- Angka 5 sampai 10 menunjukkan selubungnya tebal.
- Angka 11 dan 12 menunjukkan elektroda tersebut berkekuatan tinggi.

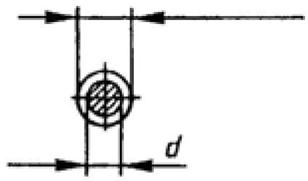
Dengan meningkatnya tebal selubung elektroda, maka sifat mekanis dari hasil pengelasan dan baha D = sampai 1,2 d kin tinggi.

Selubung



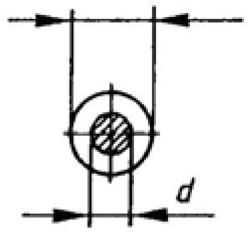
D = 1,2 d – 1,55 d

Selubung



D = di atas 1,55

Selubung tebal



d = diameter batang inti

D = diameter luar

Gambar Macam-macam selubung elektroda



Disamping dari ketebalan selubung, jenis dan tipe dari selubung juga dapat mempengaruhi kualitas kampuh atau hasil lasan. Tanda singkatan untuk tipe selubung tersebut terdiri dari empat huruf.

Dalam garis besarnya huruf tersebut berarti:

A = Kadar besi (Fe) tinggi.

B = Kadar mangan (Mn) sifat basanya tinggi.

C = Kadar selulose tinggi.

R = Kadar mineral rutil tinggi.

Sedangkan jenis-jenis selubung antara lain:

A = Jenis selubung asam.

R = Jenis selubung rutil (tipis dan sedang).

RR = Jenis selubung rutil (tebal).

AR = Jenis selubung rutil asam (tipe campuran).

C = Jenis selubung selulosa.

R (C) = Jenis selubung rutil selulosa (sedang).

RR (C) = Jenis selubung rutil selulosa (tebal).

B = Jenis selubung basa.

B (C) = Jenis selubung basa dengan bagian tak basa.

RR (B) = Jenis selubung rutil basa (tebal).

Beberapa huruf yang berbeda menunjukkan pada kode suatu jenis campuran, dimana jenis selubung tersebut dapat mempengaruhi pencairan dari bahan tambahnya. Dan juga mudah atau tidak mudahnya pencairan terak las tersebut tergantung pada jenis dari selubungnya.

Tabel Klasifikasi elektroda menurut standarisasi AWS

Klasifikasi AWS	Jenis Kimia Pelindung	Posisi Pengelasan yang Paling Sesuai	Jenis Arus Listrik
Elektroda seri E 60			
E 6010	*High cellulose sodium*	Semua posisi	DC +
E 6011	*High cellulose*	Semua posisi	AC atau DC
E 6012	*potassium*	Semua posisi	+
E 6013	*High titania sodium*	Semua posisi	AC atau DC

E 6020 **E 6022** **E 6027**	*High titania potassium* *High iron oxide* *High iron oxide* *High iron oxide, iron powder*	Datar, horisontal las sudut Datar, horisontal las sudut Datar, horisontal las sudut	– AC atau DC ± AC atau DC – AC atau DC ± AC atau DC ±
Elektroda seri E 70			
E 7014 **E 7015** **E 7016** **E 7018** **E 7024** **E 7027** **E 7028**	*Iron powder, titania* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen potassium* *Low hydrogen potassium, iron powder* *Iron powder, titania* *High iron oxide, iron powder* *Low hydrogen potassium, iron powder*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Datar, horisontal las sudut Datar, horisontal las sudut Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ± DC + AC atau DC + AC atau DC + AC atau DC ± AC atau DC ± AC atau DC +
Seri E 70 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 70.000 psi (480 Mpa)			
E 7010-X **E 7011-X** **E 7015-X** **E 7016-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose potassium* *Low hydrogen sodium*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + DC +



E 7018-X **E 7020-X** **E 7027-X**	*Low hydrogen potassium* *Iron powder, low hydrogen* *High iron oxide* *Iron powder, iron oxide*	Semua posisi Datar, horisontal las sudut Datar, horisontal las sudut	AC atau DC + AC atau DC + AC atau DC ± AC atau DC ±
Seri E 80 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 80.000 psi (550 Mpa)			
E 8018-X **E 8011-X** **E 8013-X** **E 8015-X** **E 8016-X** **E 8018-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose potassium* *High titania potassium* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen potassium* *Iron powder, low hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC ± DC + AC atau DC + AC atau DC +
Seri E 90 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 90.000 psi (620 Mpa)			
E 9010-X **E 9011-X** **E 9013-X** **E 9015-X** **E 9016-X** **E 9018-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose potassium* *High titania potassium* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen potassium* *Iron powder, low hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC ± DC + AC atau DC + AC atau DC

			+
Seri E 100 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 100.000 psi (690 Mpa)			
E 10010-X **E 10011-X** **E 10013-X** **E 10015-X** **E 10016-X** **E 10018-X**	*High cellulose sodium* *High cellulose* *potassium* *High titania sodium* *Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low* *hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC ± DC + AC atau DC + AC atau DC +
Seri E 110 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 110.000 psi (760 Mpa)			
E 11015-X **E 11016-X** **E 11018-X**	*Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low* *hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC +
Seri E 120 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 120.000 psi (830 Mpa)			
E 12015-X **E 12016-X** **E 12018-X**	*Low hydrogen sodium* *Low hydrogen* *potassium* *Iron powder, low* *hydrogen*	Semua posisi Semua posisi Semua posisi	DC + AC atau DC + AC atau DC +



Bagan klasifikasi elektroda menurut standarisasi AWS:

1 Huruf	2 atau 3 Angka	1 Angka	1 Angka
E	• Kekuatan tarik • Titik luluh • Regangan	Posisi	Selubung/fluks

Simbol	**Posisi**
1	Semua posisi
2	Datar dan horisontal las
3	sudut
	Hanya untuk posisi datar

Jenis Selubung, Arus, dan Polaritas

Simbol	Kekuatan Tarik min. dalam psi (kg/mm^2)	Titik Luluh min. dalam psi	Regangan dalam %/2”
E 60 XX	60.000 (42)	50.000	22
E 70 XX	70.000 (49)	60.000	22
E 80 XX	80.000 (56)	67.000	19
E 90 XX	90.000 (63)	77.000	17
E 100 XX	100.000 (70)	87.000	16
E 110 XX	110.000 (77)	97.000	–

Jenis selubung, arus, dan polaritas:

E XXX 0 → Elektroda las selulosa natrium tinggi (DC +).

E XXX 1 → Elektroda las selulosa kalium tinggi (AC atau DC +).

E XXX 2 → Elektroda las natrium titania tinggi (AC atau DC –).

E XXX 3 → Elektroda las kalium titania tinggi (AC atau DC ±).

E XXX 4 → Elektroda las titania, serbuk besi (AC atau DC ±).

E XXX 5 → Elektroda las natrium hidrogen rendah (DC +).

E XXX 6 → Elektroda las kalium hidrogen rendah (AC atau DC +).

E XXX 7 → Elektroda las serbuk besi, oksida besi (AC atau DC ±).

E XXX 8 → Elektroda las serbuk besi, hidrogen rendah (AC atau DC+).

Contoh:

E 60 XX, E 70 XX → untuk *mild steel* atau *carbon steel*

E 80 XX → ke atas untuk baja paduan

E 308 – 15 → untuk baja tahan karat

3.3 Rangkuman

- Pada las busur listrik manual (SMAW), elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus, dimana terdiri dari batang kawat (inti) dan salutannya (flux).
- Salutan (fluks) dari elektroda berfungsi sebagai pelindung, yang mana dapat melindungi cairan las dari pengaruh udara luar.
- Penyimpanan, penanganan, dan perawatan elektroda sangat penting artinya karena dapat menjaga agar salutan dari elektroda tetap dalam kondisi yang baik.
- Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan, dan elektroda bukan besi (*non ferrous*).
- Bahan tambah yang berupa elektroda atau batang las haruslah terbuat dari logam yang sama dengan bahan induk atau yang cocok dan sesuai dengan logam dasar yang akan disambung.
- Kandungan air untuk lapisan pelindung elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* tidak boleh melebihi 0,6% dari berat semula.
- Elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* sebelum digunakan, sebaiknya dipanaskan terlebih dahulu di dalam oven elektroda pada suhu 260^{o} C hingga 427^{o} C selama kurang lebih 2 jam.
- Macam-macam pengujian elektroda meliputi uji analisis kimiawi, uji mekanis, uji pukul takik, uji lengkung, dan uji las fillet.



- ❖ Tanda/kode untuk elektroda las telah dinormalisasikan menurut standart, hal ini dimaksudkan untuk meringankan tukang las dalam memilih elektroda dan mempergunakannya.

3.4 Tugas

Pada las busur listrik manual, bahan tambah yang digunakan sering disebut dengan elektroda. Mari kita cari tahu tentang elektroda SMAW sebanyak-banyaknya! Ambil satu batang elektroda SMAW! Kemudian, perhatikan elektroda yang berada di tanganmu! Apa yang kamu ketahui tentang elektroda SMAW? Tuliskan pendapatmu!

Dengan cara yang sama, lakukan pada jenis elektroda yang lain!

3.5 Tes Formatif

Jawablah soal-soal di bawah ini dengan baik dan benar!

1. Sebutkan bagian-bagian dari elektroda las SMAW!
2. Sebutkan fungsi dari salutan/fluks yang terdapat pada elektroda las SMAW!
3. Apa pengaruhnya bila saat proses pengelasan menggunakan elektroda yang sangat lembab?
4. E 7016 dan E 7018 merupakan simbol atau kode elektroda yang dikeluarkan oleh …
5. Sedangkan E 51 22 RR 6 DIN 1913 merupakan simbol atau kode elektroda yang dikeluarkan oleh ….
6. Berapakah kandungan air maksimum yang diperbolehkan pada elektroda baja karbon jenis *low hydrogen*?
7. Jelaskan macam-macam pengujian pada elektroda!
8. Jelaskan macam-macam elektroda berdasarkan ketebalan selubungnya!
9. Jelaskan empat huruf sebagai tanda singkatan untuk tipe selubung!
10. Jelaskan penunjukkan masing-masing angka pada klasifikasi elektroda E 7016!



3.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

1. . ...
2. . ...
3. . ...
4. . ...
5. . ...
6. . ...
7. . ...
8. . ...
9. . ...
10. . ...



3.7 Lembar Kerja Peserta Didik

No.	Tipe Elektroda	Uraian



Kegiatan Belajar 4 : Prosedur Pengelasan

4.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini peserta didik memahami prosedur pengelasan posisi bawah tangan dengan benar.

4.2 Uraian Materi

Prosedur pengelasan yang benar dan sesuai merupakan salah satu hal terpenting untuk mencapai kualitas pengelasan secara maksimum dan efisien/ ekonomis. Oleh sebab itu sebelum dilakukan pengelasan, maka perlu ditetapkan terlebih dahulu prosedur pengelasannya agar proses dan hasil las dapat mencapai standar yang diharapkan.

Prosedur Umum

Secara umum, prosedur-prosedur yang harus dilakukan setiap kali akan, sedang dan setelah pengelasan adalah meliputi hal-hal berikut ini :

- Adanya prosedur pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) dan prosedur penanganan kebakaran yang jelas/tertulis.
- Periksa sambungan-sambungan kabel las, yaitu dari mesin las ke kabel las dan dari kabel las ke benda kerja / meja las serta sambungan dengan tang elektroda.. Harus diyakinkan, bahwa tiap sambungan terpasang secara benar dan rapat.
- Periksa saklar sumber tenaga, apakah telah dihidupkan.
- Pakai pakaian kerja yang aman.
- Konsentasi dengan pekerjaan.
- Setiap gerakan elektroda harus selalu terkontrol.
- Berdiri secara seimbang dan dengan keadaan rileks.
- Periksa, apakah penghalang sinar las/ ruang las sudah tertutup secara benar.
- Tempatkan tang elektroda pada tempat yang aman jika tidak dipakai.
- Selalu gunakan kaca mata pengaman (bening) selam bekerja.

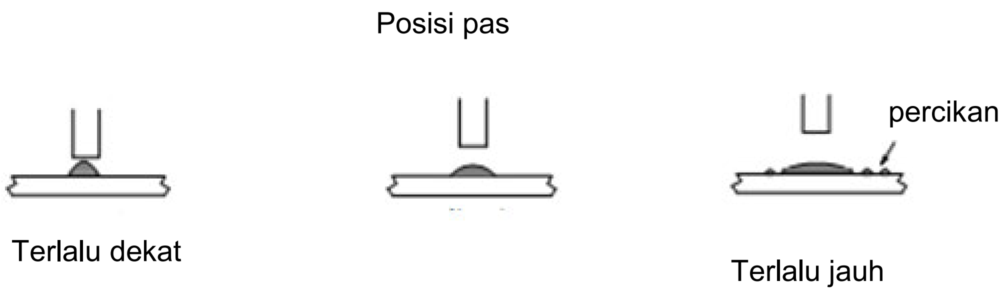
- Bersihkan terak dan percikan las sebelum melanjutkan pengelasan berikutnya.
- Matikan mesin las bila tidak digunakan.
- Jangan meninggalkan tempat kerja dalam keadaan kotor dan kembalikan peralatan yang dipakai pada tempatnya.

Lakukan persiapan bahan las dan kampuh las seperti pada ***kegiatan belajar 1*** sampai mendapat kan bahan yang sudah siap dilakukan pengelasan. Bahan yang sudah las ikat kemudian ditempatkan untuk pengelasan posisi bawah tangan.

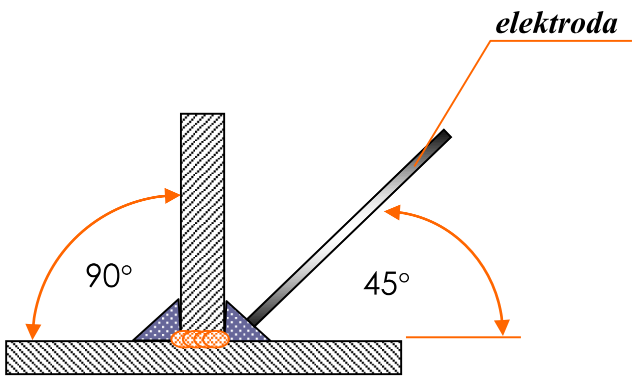
Penempatan Bahan Las dan Posisi Elektroda

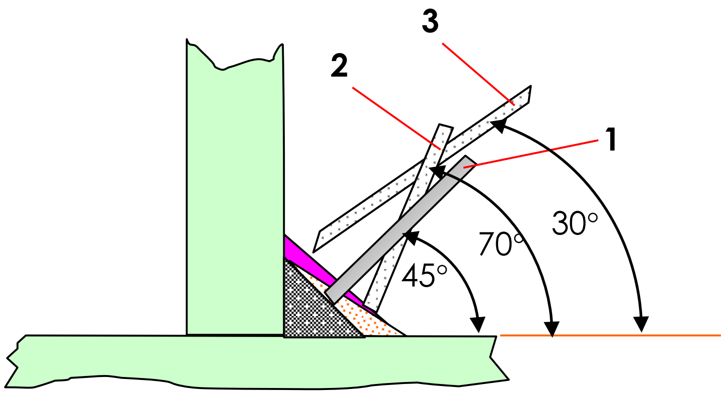
Penempatan bahan pada pengelasan pelat posisi horisontal adalah posisi di mana bahan atau bidang yang dilas ditempatkan secara secara horisontal, baik pada sambungan sudut maupun pada sambungan tumpul.

Jarak antara elektroda dengan benda kerja kurang lebih sama dengan diameter inti elektroda.



Posisi elektroda terhadap benda kerja untuk pengelasan fillet posisi horisontal





Gambar Penempatan bahan dan elektroda pada sambungan fillet T dua lapis tiga jalur

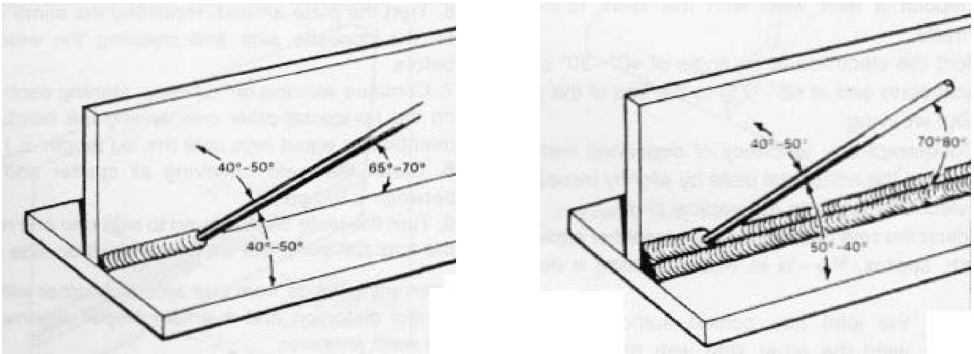
Arah dan Gerakan Elektroda

Arah pengelasan (elektroda) pada proses las busur manual adalah arah mundur atau ditarik, sehingga bila operator las menggunakan tangan kanan, maka arah pengelasan adalah dari kiri ke kanan. Demikian juga sebaliknya, jika menggunakan tangan kanan, maka tarikan elektroda adalah dari kanan ke kiri. Namun, pada kondisi tertentu dapat dilakukan dari depan mengarah ke tubuh operator las.

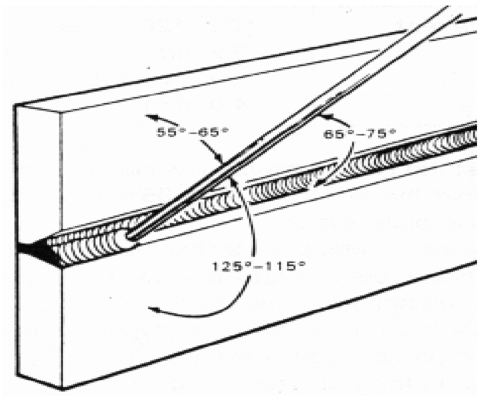
Dalam hal ini, yang terpenting adalah sudut elektroda terhadap garis tarikan elektroda sesuai dengan ketentuan (prosedur yang ditetapkan) dan busur serta cairan logam las dapat terlihat secara sempurna oleh operator las.

Pada pengelasan **sambungan T** maupun pada **sambungan tumpul** posisi **di bawah tangan** secara umum untuk jalur pertama adalah ditarik tanpa ada ayunan elektroda, tapi untuk jalur kedua dan selanjutnya sangat tergantung pada kondisi pengelasan itu sendiri, sehingga dapat dilakukan ayunan atau tetap ditarik seperti jalur pertama.

Sedangkan pada posisi **horizontal**, baik untuk sambungan sudut / T atau sambungan tumpul secara umum tidak dilakukan ayunan/ gerakan elektroda (hanya ditarik) dengan sudut yang sesuai dengan prosedurnya.



Gambar Penempatan bahan dan elektroda pada sambungan T posisi horizontal



Gambar Penempatan bahan dan elektroda pada sambungan tumpul posisi horizontal

4.3 Rangkuman

- Prosedur umum yang harus dilakukan setiap kali akan, sedang dan setelah pengelasan adalah meliputi hal-hal berikut ini :
  - Adanya prosedur pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) dan prosedur penanganan kebakaran yang jelas/tertulis.
  - Periksa sambungan-sambungan kabel las, yaitu dari mesin las ke kabel las dan dari kabel las ke benda kerja / meja las serta

sambungan dengan tang elektroda.. Harus diyakinkan, bahwa tiap sambungan terpasang secara benar dan rapat.

- Periksa saklar sumber tenaga, apakah telah dihidupkan.
- Pakai pakaian kerja yang aman.
- Konsentasi dengan pekerjaan.
- Setiap gerakan elektroda harus selalu terkontrol.
- Berdiri secara seimbang dan dengan keadaan rileks.
- Periksa, apakah penghalang sinar las/ ruang las sudah tertutup secara benar.
- Tempatkan tang elektroda pada tempat yang aman jika tidak dipakai.
- Selalu gunakan kaca mata pengaman (bening) selam bekerja.
- Bersihkan terak dan percikan las sebelum melanjutkan pengelasan berikutnya.
- Matikan mesin las bila tidak digunakan.
- Jangan meninggalkan tempat kerja dalam keadaan kotor dan kembalikan peralatan yang dipakai pada tempatnya.

❖ Arah pengelasan (elektroda) pada proses las busur manual adalah arah mundur atau ditarik.

4.4 Tugas

Jarak elektroda

Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu :

- Melakukan penyalaan elektroda dengan sudut elektroda yang benar
- Menganalisis hasil las dengan berbagai jarak pengelasan dengan amper sama.
- Menetapkan atau mengambil kesimpulan tentang jarak elektroda dengan benda kerja yang sesuai dengan diameter suatu tipe elektroda.



Alat dan Bahan

1. Alat :
   - Seperangkat mesin las busur manual
   - Peralatan bantu
   - Peralatan keselamatan & kesehatan kerja
2. Bahan :
   - Pelat baja lunak, ukuran 8 x 100 x 200 mm, 1 buah
   - Elektroda jenis rutile (E 6013) : ∅ 2,6 ; ∅ 3,2 dan ∅ 4,0 mm

Langkah Kerja

1. Menyiapkan 1 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 100 x 200 x 8 mm .
2. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
3. Melukis beberapa garis jalur las dengan jarak ± 20 mm menggunakan kapur dan/atau penitik garis.
4. Mengatur amper mengelasan dengan mengacu pada ketentuan yang disarankan untuk tiap ukuran diameter elektroda. (lihat tabel)

Tabel diameter dan arus pengelasan

DIAMETER ELEKTRODA		**BESAR ARUS**
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper

5. Melakukan penyalaan (membuat jalur las) menggunakan elektroda E 6013 diameter 2,6 mm dengan besar amper las yang yang sesuai, kemudian coba lakukan pengelasan dengan jarak yang dekat, jarak yang jauh dan jarak antara dekat dan jauh. kemudian amati perubahan terhadap hasil las yang diperolehkemudian buat laporan pada tabel di bawah ini.

6. Membandingkan hasil las yang dibuat, sehingga dapat disimpulkan perbedaan jarak pengelasan yang baik.

JIKA ADA MASALAH, HUBUNGI BEMBIMBING PRAKTIK!

7. Melakukan pengelasan dengan menggunakan elektroda yang lain dengan cara dan langkah kerja yang sama.
8. Menyimpulkan temuan tersebut, sehingga Anda punya ketetapan sendiri tentang besarnya amper las untuk tiap ukuran diameter elektroda.

4.5 Tes Formatif

11. Jelaskan bagaimana prosedur umum melakukan pengelasan (akan, sedang dan setelah pengelasan)!
12. Bagaimana sudut-sudut posisi elektroda untuk pengelasan plat dibawah tangan, gambarkan!
13. Apakah pengaruh gerakan elektroda pada saat pengelasan terhadap hasil rigi-rigi las!
14. Jelaska peralatan K3 yang harus digunakan pada pengeasan!.
15. Jelaskan pengaruh jarak elektroda dengan benda kerja terhadap proses dan hasil pengelasan!

4.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

5. ....
   ....
   ....
   ....
6. ....
   ....
   ....
   ....
7. ....
   ....
   ....
   ....
8. ....
   ....



....
....

9. ....
....
....
....

4.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan hasil proses percobaan jarak elektroda / mencoba elektroda.

Nama Pekerjaan :

Nama Peserta :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………
Selesai tanggal ……….. pukul …………….

	VARIASI JARAK			
∅ ELEKTRODA	Jauh	diantara	dekat	Ket.
2,6 mm				
3,2 mm				
4,0 mm				

Analisis masing - masing hasil pengelasan pada diameter elektroda dan ampere yang sama.

Pada jarak tertentu apakah pengaruh terhadap hasil pengelasan, percikan las, kesetabilan busur las.

Diskusikan secara berkelompok kemudian hasilnya dipresentasikan di depan kelas.



Kegiatan Belajar 5 : Teknik Pengelasan Rigi-rigi Horisontal

5.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, peserta diharapkan mampu membuat jalur las posisi horizontal pada pelat 10 mm dengan las busur manual dengan memenuhi kriterai :

- Lebar jalur las 8mm
- Tinggi jalur 2mm
- Bentuk jalur lurus dan cembung
- Beda permukaan maks. 0,5mm
- Undercut maks. 0,5 x 10% panjang pengelasan
- Distorsi maksimum 5°
- Konstruksi sambungan rata dengan selisih maksimum 1mm

5.2 Uraian Materi

Alat dan Bahan

1. Alat

- Seperangkat mesin las busur manual (SMAW)
- Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja las busur manual
- Satu set alat bantu las busur manual.

1. Bahan

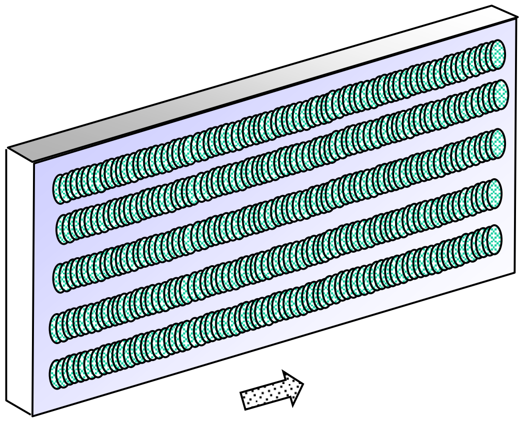
- Pelat baja lunak ukuran 100 x 200 x 10mm
- Elektroda AWS-E 6013 ∅ 3,2mm

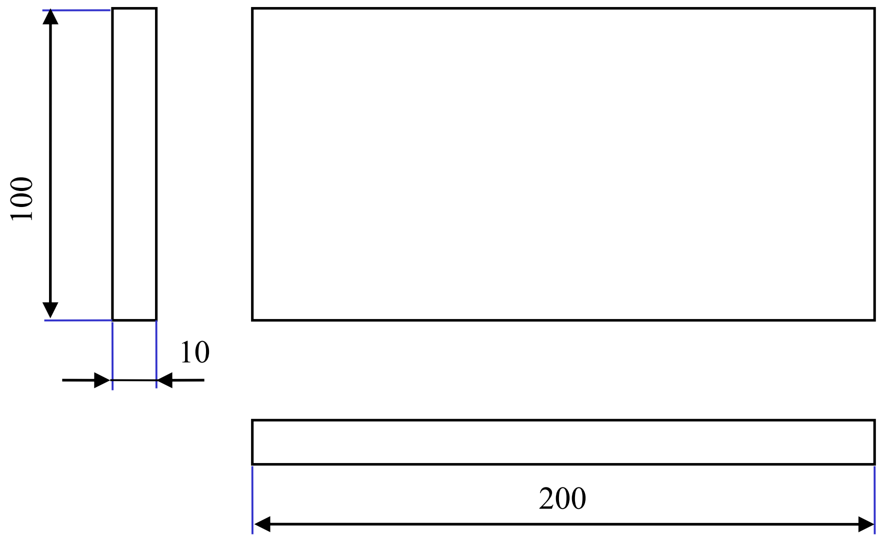
Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Gunakan helm/ kedok las yang sesuai (shade 10-11).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Ikuti langkah kerja secara benar
6. Hati-hati dengan benda panas hasil pengelasan.

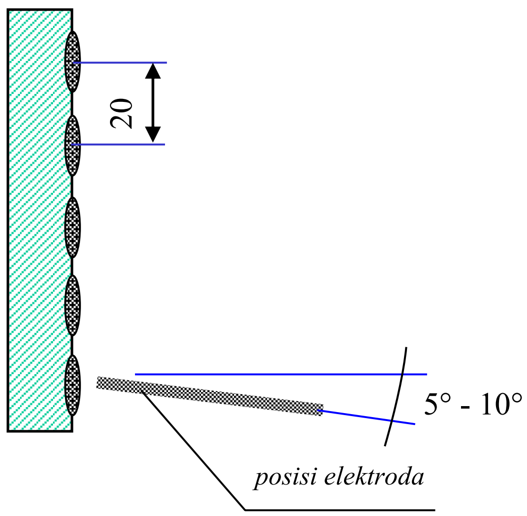
7. Tanyakan hal-hal yang belum difahami kepada pembimbing sebelum melakukan pkerjaan.

Gambar Kerja





Posisi elektroda pembuatan rigi – rigi las posisi horisontal



Langkah kerja.

1. Siapkan peralatan las busur manual dan bahan las ukuran 100 x 200 x 10 mm
2. Lukis atau tandai garis las sesuai gambar kerja.
3. Tempatkan benda kerja pada posisi horizontal dengan menggunakan alat bantu atau klem benda kerja.
4. Atur amper pengelasan sesuai dengan diameter elektroda (90 – 140 Amp) atau lihat tabel penggunaan amper las pada bungkus elektroda.
5. Lakukan pengelasan dengan membuat jalur las pada bagian pinggir terlebih dahulu (dari atas atau bawah) menggunakan elektroda AWS E 6013 ∅ 3,2mm.
6. Periksa hasil las, apakah telah sesuai denga kriteria.
7. Lakukan menyetelan kembali pada mesin las jika diperlukan.
8. Lanjutkan pengelasan sampai selesai, dan bertanyalah pada pembimbing bila ada hal-hal yang kurang difahami, terutama tentang teknik pengelasannya.
9. Bersihkan dan dinginkan benda kerja .



10. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.
11. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan.

5.3 Rangkuman

5.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan rigi - rigi posisi horizontal berulang ulang sampai bisa. Kemudian buat laporan potopolio dari tiap tahapan proses tersebut

5.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat rigi – rigi las posisi untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian

5.6 Lembar Jawaban tes Formatif

Penilaian Pekerjaan rigi – rigi las (h)

Kriteria Penilaian	B		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Nilai
Keterangan: N = Nilai, B = Bobot, H = Hasil (B x N)																	
Paraf Petatar/Peserta																	
Nilai Akhir																	
Jumlah Hasil																	
1 Teraturnya rigi-rigi las	B= 2	H															
		N															
2 Kebersihan hasil lasan	B= 2	H															
		N															
3 Sikap kerja	B= 1	H															
		N															
4	B=	H															
		N															
5	B=	H															
		N															
6	B=	H															
		N															
7	B=	H															
		N															
8	B=	H															
		N															
9	B=	H															
		N															
10	B=	H															
		N															
Kriteria Penilaian / No. Nama Petatar/Peserta																	



5.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . rigi – rigi las posisi horisontal

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya……………………………………………………….……
2. ……………………………………………………………………....
3. ……………………………………………………………………
4. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. ………………………………………………………………………
3. ………………………………………………………………………
4. ………………………………………………………………………
5. ………………………………………………………………………
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)……………..
2. ……………………………………………………………………..…
3. ……………………………………………………………………..
4. ………………………………………………………………………
5. ………………………………………………………………………

a. dst

IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) ………………….

2. …………………………………………………………………………...
3. …………………………………………………………………………...
4. …………………………………………………………………………...
5. dst

V. Gambar Kerja



Kegiatan Belakar 6 : Teknik Pengelasan Fillet 2F

6.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah latihan ini, peserta harus dapat :

⇒ Mempersiapkan benda kerja.

⇒ Mengatur arus las/ampere sesuai dengan diameter elektroda.

⇒ Mengelas ikat kedua benda kerja.

⇒ Mengelas lapisan akar pada sambungan / kampuh - T.

⇒ Mengelas lapisan penutup dengan memperhatikan ukuran tinggi kampuh.

⇒ Mengontrol hasil lasan.

⇒ Membersihkan hasil lasan

6.2 Uraian Materi

Seperti halnya sambungan fillet 1F sambungan fillet 2F juga merupakan jenis sambungan yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi maupun bidang manufaktur. Sambungan ini banyak macamnya diantaranya yang umum adalah sambungan “T”, dalam kegiatan belajar ini akan dibahas secara lebih mendalam. Untuk melaksanakan kegiatan belajar ini dibutuhkan:

Waktu :

⇒ 6 (enam) jam pelajaran.

Peralatan :

⇒ Peralatan las SMAW.

⇒ Perlengkapan alat keselamatan kerja.

⇒ Pelengkapan alat bantu pengelasan.

Bahan :

⇒ 2 (dua) buah Pelat St. 37 ; 200 x 100 x 10 mm.

⇒ Elektroda E 6013 ; ∅ 2,6 mm.

⇒ Elektroda E 6013 ; ∅ 3,2 mm.

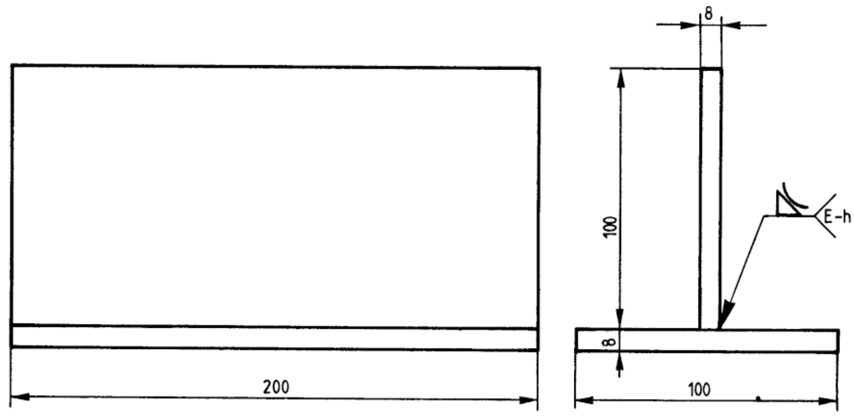
Langkah Kerja

1. Mempersiapkan benda kerja.
2. Mengikat benda kerja.
3. Mengelas lapisan akar, dilas dengan tarikan alur las.
4. Mengelas lapisan penutup, dilas dengan gerak ayunan.
5. Membersihkan hasil lasan.
6. Mengukur / memeriksa tebal kampuh hasil pengelasan.

Keselamatan kerja

- ⇒ Selama pelatihan terutama praktik mengelas, peserta wajib memakai alat pelindung diri.
- ⇒ Hati-hati terhadap benda kerja yang panas, sebab dapat menimbulkan bahaya kebakaran.
- ⇒ Pemegang batang elektroda selama istirahat mengelas, harap ditempatkan pada tempat yang telah tersedia.
- ⇒ Pemegang batang elektroda ini tidak boleh dijepit di lengan (dikempit) atau diletakkan di atas pembangkit arus las.

Gambar kerja

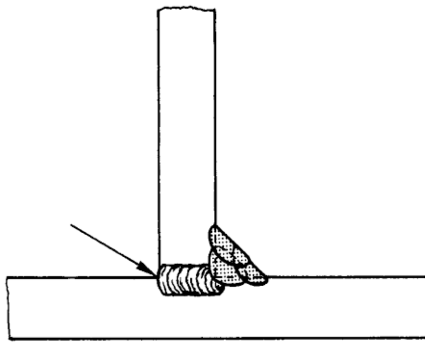


		2	Pelat	-	St. 37	200 x 100 x 10	
Jumlah			Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket.
II	II	I	Perubahan			Pengganti dari	
						Diganti dengan	
			SAMBUNGAN - T		Skala	Digambar	
						Diperiksa	
					1 : 2	Dilihat	

Instruksi kerja

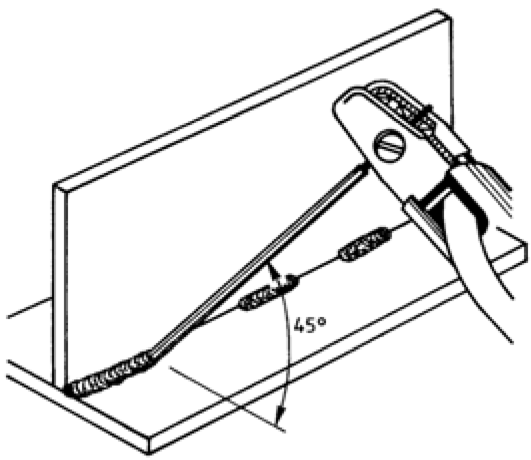
Pengelasan benda kerja.

Pertemuan sambungan kampuh - T nya terlebih dahulu di ikat dengan 3 kampuh pengikat yang panjangnya ± 20 mm dan terletak antara ± 25 mm dari ujung sambungan dan letaknya ditengah-tengah sambungan / kampuh. Dan kampuh pengikat ini diusahakan tidak terlalu tebal.



Mengikat benda kerja

Untuk mengelas sambungan / kampuh - T dalam posisi horizontal ini, kedudukan melintang dari elektroda agak dimiringkan ke arah pengelasannya. Sudut arah melintangnya ± 45°.



Pengelas dalam posisi horisontal

Apabila pengelasan sampai pada kampuh pengikat, maka elektroda agak diangkat sedikit (jarak busur diperlebar) dan setelah melewati kampuh-pengikat, baru jarak busurnya di kembalikan lagi.

Hal tersebut dimaksud untuk menjaga jangan sampai terjadi semakin tingginya kampuh.

Petunjuk :

Dalam latihan ini peserta menyambung suatu pertemuan sambungan sudut dalam / kampuh T.

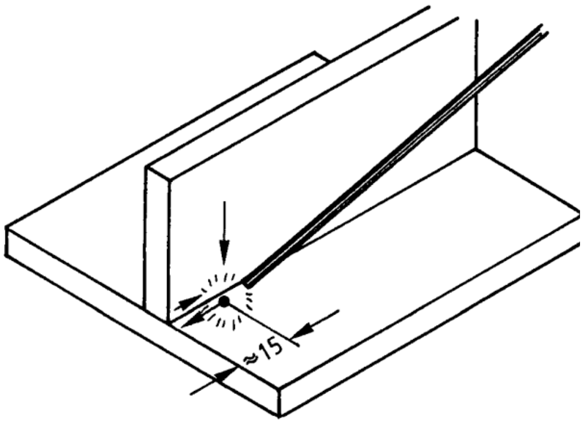
Pada gambar, pengerjaannya diberi tanda dengan singkatan h, yang berarti bahwa pengerjaannya dalam posisi horizontal. Dalam posisi ini satu pelat berkedudukan mendatar dan yang lain tegak lurus di atasnya.

Untuk dapat menghasilkan kampuh / sambungan T yang melekat pada kedua sisi yang sama besar, maka kedua pelat harus bersamaan waktu pada proses pencairannya dengan merubah sudut elektroda pada arah melintang selama proses pengelasan, karena pembagian panasnya sedikit banyak dapat dipengaruhi.

Menggerakkan batang elektroda.

Menyalakan elektroda tidak pada permulaan kampuh / pinggir benda kerja, akan tetapi ± 15 mm dari tepi.

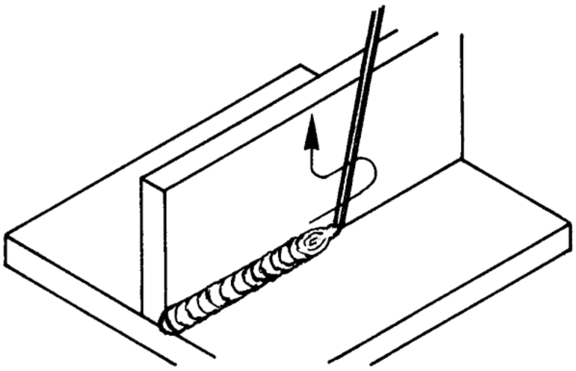
Apabila busur telah menyala, elektroda digerakkan ke arah awal/tepi kampuh. Dan dimulailah proses pengelasan tepat pada tempat yang semula dipakai



Menyalakan elektroda pada awal kampuh

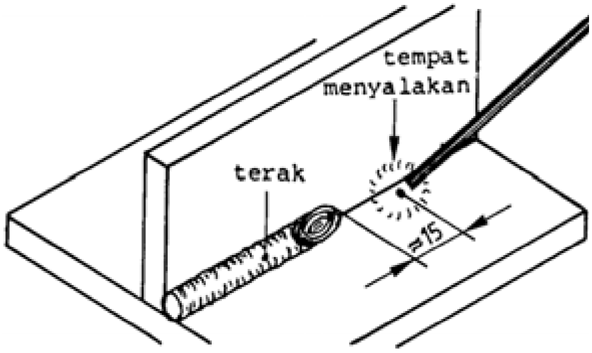
untuk menyalakan, dicairkan kembali.

Untuk menghentikan proses pengelasan dengan jalan mengangkat atau menggerakkan ke arah yang berlawanan dengan arah pengelasan, dan dengan kecepatan yang tinggi.



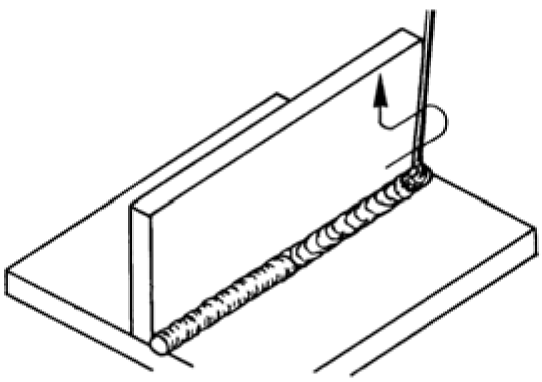
Menghentikan pengelasan

Menyalakan kembali elektroda atau menyambung kembali kampuh las dimulai ± 15 mm dari kampuh yang terakhir, seperti yang telah diutarakan dahulu. Hanya saja sebelumnya, terak las harus lebih dahulu dihilangkan / dibersihkan dari bagian yang akan disambung.



Menyalakan kembali elektroda

Untuk mengakhiri proses pengelasan, maka batang elektroda agak digerakkan kembali / maju dan dengan arah tegak lurus kemudian ditarik ke atas dari kampuh yang telah selesai dilas.



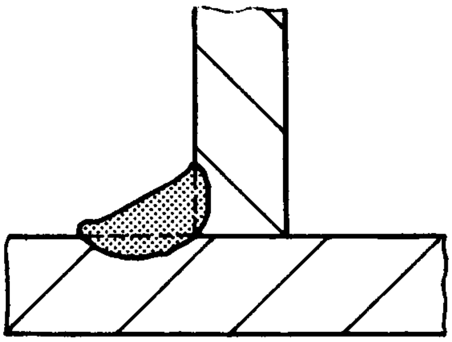
Mengakhiri pengelasan



Suatu kampuh las yang baik sudah tampak dari luar dengan adanya semacam gelombang berbentuk setengah lingkaran yang rata. Hasil ini dapat dicapai apabila arus-las tepat pengaturannya dan nyalanya busur listrik tenang tanpa berkedip-kedip serta penarikan / jalannya elektroda konstan.

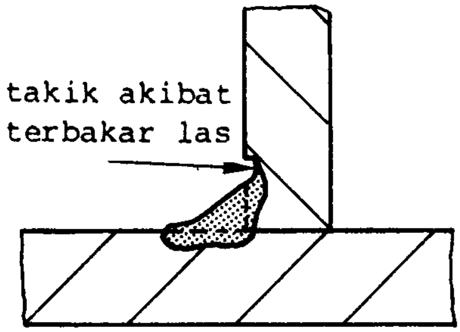
Kesalahan kampuh lasan.

Kesalahan pada kampuh sambungan T dapat disebabkan oleh cara mengarahkan batang elektroda yang terlalu tegak atau oleh arus-las yang tidak tepat mengaturnya. Hal ini merupakan dasar pertama untuk menghindari kesalahan pada kampuh lasan.



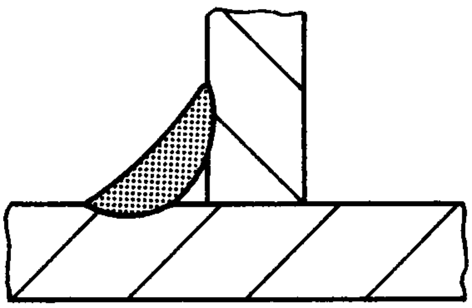
Kampuh sambungan – T tak setimbang

Pada posisi horizontal (h), bahaya dari tidak seimbangnya pelekatan kampuh memang besar. Ini dapat terjadi karena arah batang elektroda waktu mengelas, tidak dalam sudut yang tepat.



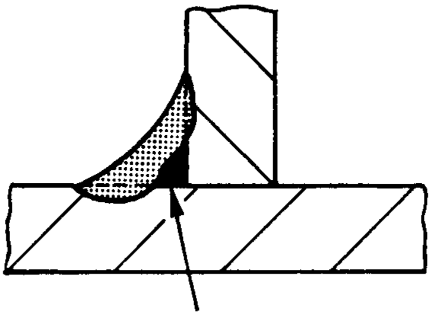
Takik terbakar las

Apabila arus lasnya terlalu tinggi, maka akan terjadi takik las (undercut) pada pelat yang tegak lurus, karena pelat bagian atas terlalu banyak yang mencair.



Akar tak terkena

Kesalahan dapat juga terjadi di dalam kampuh lasnya. Maka dari itu dalam latihan ini perlu adanya pengujian benda kerja setelah benda kerja dingin, dengan cara mematahkannya dengan memakai press. Setelah patah, mungkin akan tampak kesalahan - kesalahan pelekatannya, adanya pori-pori atau kesalahan pada akar kampuh las / tidak ada penetrasi yang baik.


terak

Terak yang terjepit

Pelekatan / ikatan antara bahan las dan benda kerja yang tidak sempurna, merupakan kesalahan sambungan.

Tidak terisinya akar kampuh atau akarnya terisi terak.

Apabila arus las terlalu rendah atau salah arah dari elektroda, maka terak las akan terjepit masuk ke cairan las dan juga dapat dikarenakan gerakan cairan las mendahului dan tertutup oleh cairan las.

6.3 Rangkuman

6.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan sambungan fillet “T” posisi horizontal berulang ulang sampai bisa. Kemudian buat laporan potopolio dari tiap tahapan proses tersebut



6.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat las sambungan Fillet “T” posisi 2 F untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian

6.6 Lembar penilaian tes Formatif

Penilaian Pekerjaan — Sambungan T (h)

Keterangan: N = Nilai, B = Bobot, H = Hasil (B x N)																	
Paraf Petatar/Peserta																	
Nilai Akhir																	
Jumlah Hasil																	Nilai
1 Teraturnya rigi-rigi las	B= 2	H															
		N															
2 Kebersihan hasil lasan	B= 2	H															
		N															
3 Sikap kerja	B= 1	H															
		N															
4	B=	H															
		N															
5	B=	H															
		N															
6	B=	H															
		N															
7	B=	H															
		N															
8	B=	H															
		N															
9	B=	H															
		N															
10	B=	H															
		N															
Kriteria Penilaian		Nama Petatar/Peserta															
		No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	



6.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . sambungan Fillet “T” posisi horisontal

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………
Selesai tanggal ……….. pukul …………….

VI. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya……………………………………………………..……
2. ……………………………………………………………………....
3. ………………………………………………………………………
4. dst

VII. Peralatan

1. (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
2. …………………………………………………………………………
3. …………………………………………………………………………
4. …………………………………………………………………………
5. …………………………………………………………………………
6. dst

VIII. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)……………..
2. ……………………………………………………………………..…
3. ……………………………………………………………………..
4. …………………………………………………………………………
5. dst

IX. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) …………………
2. …………………………………………………………………...
3. …………………………………………………………………...

4. ………………………………………………………………………...
5. dst

X. Gambar Kerja



Kegiatan Belajar 7 : Teknik Pengelasan Fillet 2F Sanbungan “T” 2 lapis 3 jalur

7.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah latihan ini, peserta harus dapat :

- ⇒ Menyiapkan benda kerja.
- ⇒ Mengatur arus las sesuai dengan diameter elektroda.
- ⇒ Mengelas ikat benda kerja.
- ⇒ Mengelas sambungan / kampuh T dengan satu jalur dua lapisan dalam posisi horisontal (h).
- ⇒ Mempersihkan hasil lasan.

7.2 Uraian Materi

Bahan :

- ⇒ 2 (dua) buah Pelat St. 37 ;200 x 100 x 10 mm.
- ⇒ Elektroda E 6013 / E 51 22 RR6 (DIN 1913) ;∅ 4 mm.

Waktu :

- ⇒ enam (enam) jam pelajaran.

Alat Bantu / Persiapan :

- ⇒ Perlengkapan las busur listrik manual lengkap.
- ⇒ Perlengkapan alat bantu pengelasan.
- ⇒ Perlengkapan alat keselamatan kerja.

Langkah Kerja :

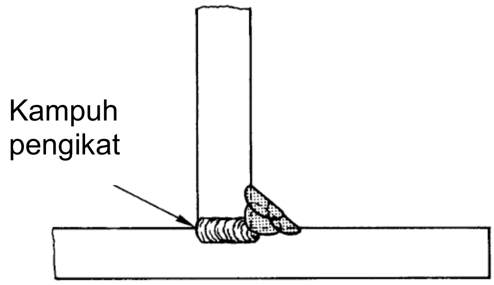
1. Mempersiapkan benda kerja.
2. Mengikat benda kerja dengan las ikat.
3. Mengelas lapisan akar tanpa gerak ayunan.
4. Mengelas lapisan penutup dengan dua garis alur las.
5. Membersihkan sambungan / kampuh T.



Cara Kerja :

Kampuh / sambungan - T dilas dengan dua lapisan, dimana lapisan akarnya dilas dengan satu tarikan las (satu jalur) dan lapisan penutupnya tersusun dari dua tarikan jalur las.

Kedua pelat diikat pada kedua sisi ujung pertemuan.



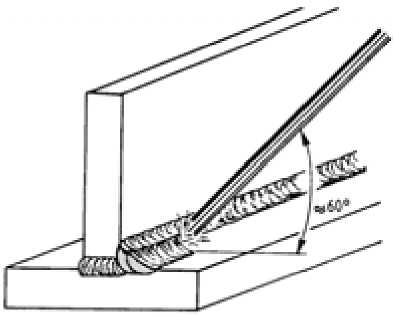
Susunan Kampuh

Pengelasan benda kerja.

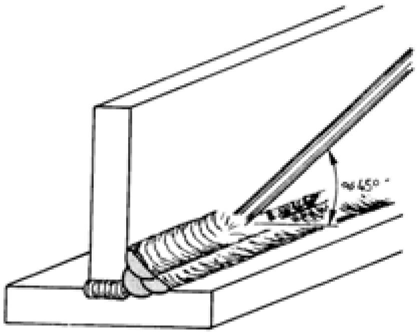
Lapisan akar di las dengan satu tarikan jalur las.

Harap diperhatikan tebal kampuh yang merata dengan ukuran ± 4 mm. Lapisan penutupnya di las dengan dua tarikan jalur las. Sudut arah melintang harus benar-benar dapat mencairkan lasan.

Untuk sudut arah memanjang dari elektroda sekitar ± 75°.


Pengelasan lapisan penutup garis alur las pertama

Untuk dapat menghasilkan susunan kampuh las yang sempurna, maka dalam proses pengelasan untuk tarikan alur las yang kedua dari lapisan penutup, maka lapisan akar dan tarikan alur las pertama dari lapisan penutupnya harus benar-benar mencair kembali. Untuk elektroda


Pengelasan lapisan penutup garis alur las kedua

harus dipegang lebih datar dengan sudut arah melintang yaitu sekitar ± 45°.

Kecepatan pengelasan yang tetap selama penarikan alur las akan menghasilkan kampuh dengan gelombang yang merata dan sama.

Petunjuk :

Setiap benda kerja yang dipanaskan akan mengembang dan setelah menjadi dingin akan menyusut. Begitu juga halnya dengan suatu kampuh las. Kampuh yang sangat panas pada waktu proses pengelasan, dan setelah menjadi dingin penyusutannya akan lebih banyak juga.

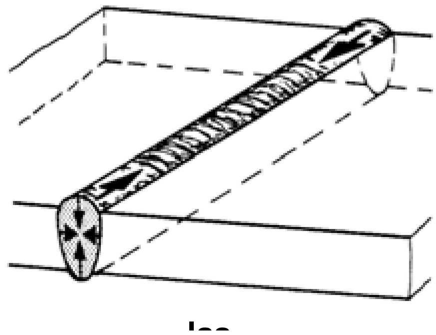
Penyusutan dan tegangan sisa suatu kampuh las selama pendinginan akan menyusut dalam penampang arah melintang dan arah memanjangnya.

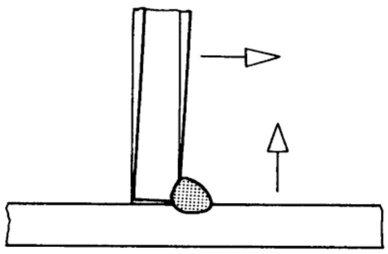
Oleh karena itu. benda kerja mengalami tegangan sisa yang makin besar dengan makin besarnya kampuh.

Pada sambungan/kampuh - T, atau kampuh - V, pengkerutan ini menghambat kembalinya sudut.

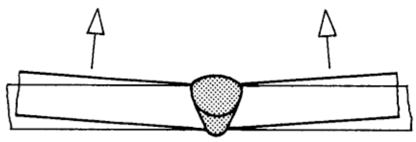
Tindakan-tindakan pencegahan keterlambatan tersebut adalah seperti: Penggunaan dan mempertahankan

Mengkerutnya suatu kampuh

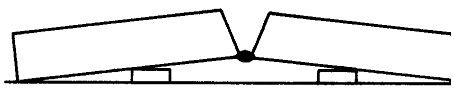




Keterlambatan pulih kembali pada pertemuan – T



Keterlambatan kembalinya pertemuan tumpul / kampuh - V



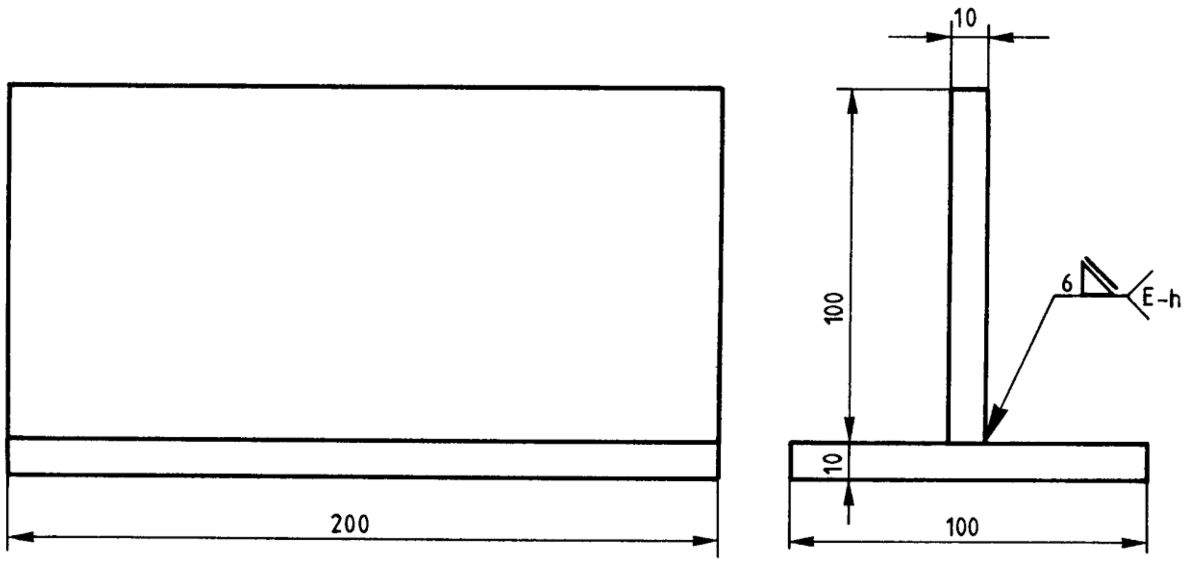
Mengikat sambungan tumpul dengan memberi kelonggaran untuk keterlambatan pulih kembali

suatu urutan pengelasan tertentu. Mungkin dengan memakai diameter kampuh yang kecil atau memberi kelonggaran.

Pada sambungan tumpul sebagai contoh : Pelat-pelatnya diikat sedemikian rupa satu sama lain dengan dibuat sudut kecil.

Keselamatan Kerja :

Rahang dari pemegang elektroda harus dapat menjepit elektroda dengan sempurna.



		2	Pelat	-	St. 37	200 x 100 x 10	
Jumlah			Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket.
III	II	I	Perubahan			Pengganti dari	
						Diganti dengan	
			SAMBUNGAN - T		Skala	Digambar	
						Diperiksa	
					1 : 2	Dilihat	

Persiapan :

Bahan :

⇒ 2 (dua) buah Pelat St. 37 ;200 x 100 x 10 mm.

⇒ Elektroda E 6013 / E 51 22 RR6 (DIN 1913) ;∅ 4 mm.

Petunjuk :

Pada waktu mengelas lapisan akarnya harus selalu diperhatikan tercapainya tebal kampuh yang sama dan merata.

Lapisan penutupnya harus dilas dengan dua garis alur las.

Waktu mulai menyalakan elektroda supaya selalu ± 15 mm dari awal kampuh dan gerakkan elektroda mundur untuk memulai dengan pengelasannya. Begitu pula pada waktu memulai setelah berhenti.

Instruksi :

4. Peserta dapat memahami tujuan pelajaran.
5. Menerangkan alat-alat.
6. Mendemontrasikan cara kerja.



7.3 Rangkuman

7.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan sambungan fillet “T” dua lapis tiga jalur posisi horizontal berulang ulang sampai bisa. Kemudian buat laporan potopolio dari tiap tahapan proses tersebut

7.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat las sambungan Fillet “T” dua lapis tiga jalur posisi 2 F untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian



7.6 Lembar Penilaian tes Formatif

Penilaian Pekerjaan Sambungan / kampuh T (h)

Keterangan: N = Nilai, B = Bobot, H = Hasil (B x N)																	
Paraf Petatar/Peserta																	
Nilai Akhir	ΣH	ΣB															
Jumlah Hasil	ΣH																Nilai
1 Teraturnya rigi-rigi lasan	B= 3	H															
		N															
2 Kebersihan hasil lasan	B= 2	H															
		N															
3 Bebas undercut	B= 4	H															
		N															
4 Sikap kerja	B= 1	H															
		N															
5	B=	H															
		N															
6	B=	H															
		N															
7	B=	H															
		N															
8	B=	H															
		N															
9	B=	H															
		N															
10	B=	H															
		N															
Kriteria Penilaian / Nama Petatar/Peserta																	



7.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . sambungan Fillet “T” dua lapis tiga jalur posisi horisontal

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya……………………………………………………….……
2. ……………………………………………………………………....
3. ………………………………………………………………………
4. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. …………………………………………………………………………
3. …………………………………………………………………………
4. …………………………………………………………………………
5. …………………………………………………………………………
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)……………..
2. ……………………………………………………………………..…
3. ………………………………………………………………………..
4. …………………………………………………………………………
5. ………………………………………………………………………….
6. dst



XI. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) ………………….
2. ……………………………………………………………………...
3. ……………………………………………………………………...
4. ……………………………………………………………………...
5. dst

XII. Gambar Kerja

Kegiatan Belajar 8 dan 9 : Teknik Pengelasan groove 2G kampuh “V”

8.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah latihan ini, peserta harus dapat :

⇒ Mempersiapkan benda kerja.

⇒ Mengatur arus las / ampere sesuai dengan diameter elektroda.

⇒ Mengikat benda kerja dengan las ikat.

⇒ Mengelas sambungan tumpul / kampuh V dalam posisi horizontal (h).

⇒ Memeriksa hasil pengelasan.

⇒ Membersihkan hasil lasan

8.2 Uraian Materi

Bahan :

⇒ 2 (dua) buah Pelat St. 37 ; 200 x 100 x 10 mm.

⇒ Elektroda E 6015 / E 51 22 RR6 (DIN 1913); ∅ 3,25 mm.

⇒ Elektroda E 7018 / E 51 32 B (R) (DIN 1913); ∅ 3,25 mm.

Waktu :

⇒ 32 (tiga puluh dua) jam.

Alat Bantu / Persiapan :

⇒ Peralatan las busur listrik manual lengkap.

⇒ Perlengkapan alat keselamatan kerja.

⇒ Perlengkapan alat bantu pengelasan.

Langkah Kerja :

1. Menyiapkan benda kerja.
2. Mengatur arus las sesuai dengan diameter elektroda.
3. Mengikat kedua pelat dengan las ikat.

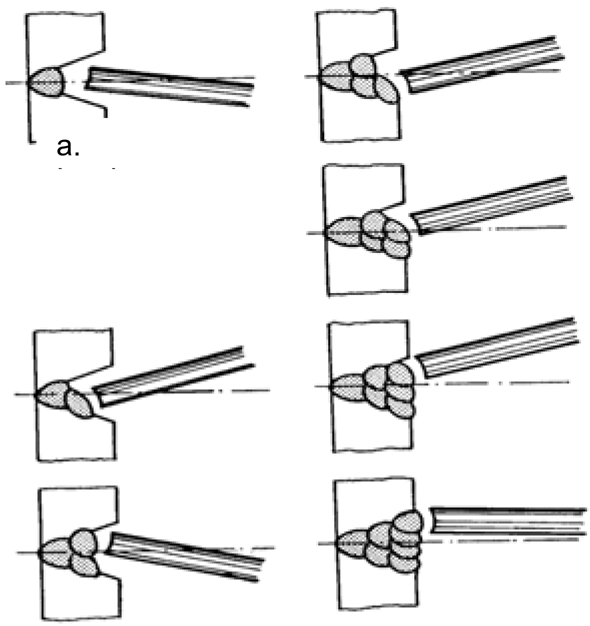
4. Memasang benda kerja dan dijepit dalam posisi horizontal (h).
5. Mengelas lapisan akar dengan satu tarikan alur las.
6. Mengelas lapisan tengah dengan dua tarikan alur las.
7. Mengelas lapisan penutup dengan empat tarikan alur las.
8. Membersihkan kampuh lasan.
9. Memeriksa hasil lasan.

Cara-Cara Kerja :

Mengelas benda kerja.

Yang terpenting dalam pengelasan ini adalah dengan mengikuti urutan pengelasan dari masing-masing alur las yang selalu dikerjakan dari bawah ke atas.

Sudut arah melintang dari batang elektroda harus dipilih sedemikian rupa supaya dapat mencegah mengalirnya aliran terak dan cairan las ke bawah.



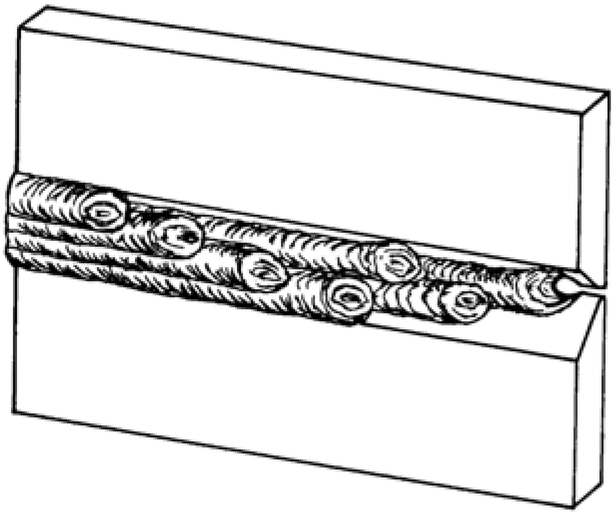
b. Lapisan tengah c. Lapisan penutup

Urutan pengelasan

Untuk itu kemiringan batang elektroda bagi masing-masing alur las akan berbeda-beda.

Petunjuk :

Kampuh V ini disusun dalam tiga lapisan yang seluruhnya merupakan pengelasan 7 tarikan alur las.



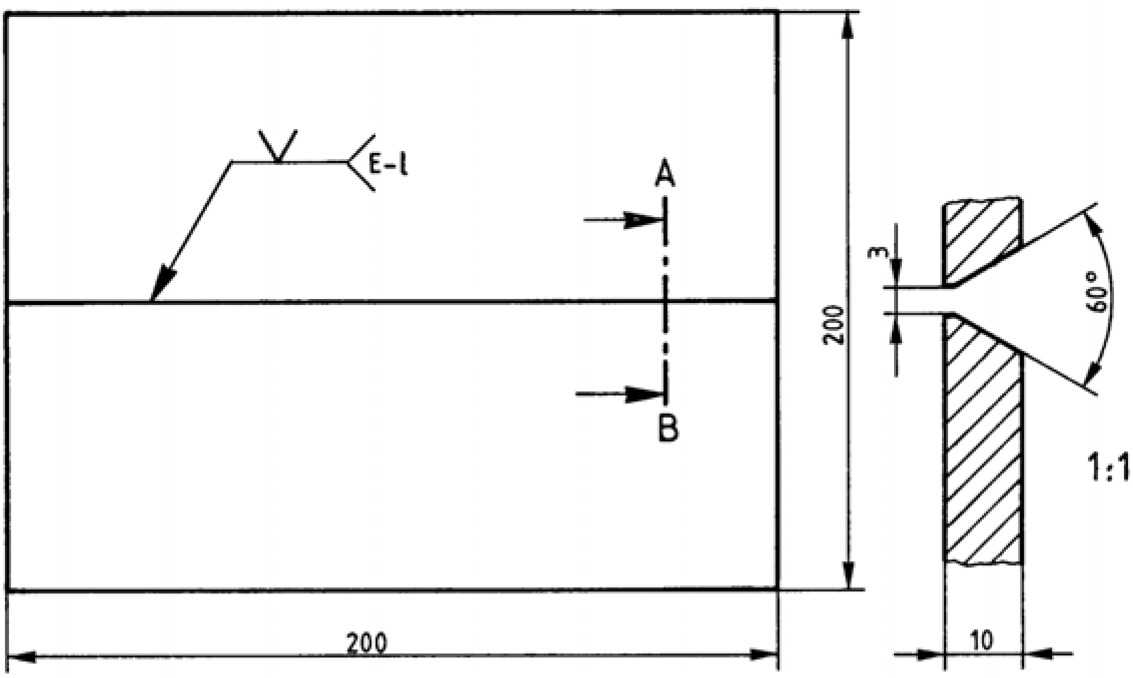
Susunan kampuh – V

Susunannya terdiri dari :

– Lapisan akar dengan satu tarikan alur las.
– Lapisan tengah dengan dua tarikan alur las.
– Lapisan penutup dengan empat tarikan alur las.

Keselamatan Kerja :

Pakailah selalu kacamata bening pada waktu membersihkan terak, karena percikan terak sangat berbahaya bagi keselamatan mata.



		2	Pelat	-	St. 37	200x100 x10	
Jumlah			Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Ket.
II	II	I	Perubahan			Pengganti dari	
						Diganti dengan	
			SAMBUNGAN TUMPUL / KAMPUH V		Skala	Digambar	
					1 : 2	Diperiksa	
					(1 : 1)	Dilihat	

Persiapan :

Bahan :

⇒ 2 (dua) buah Pelat St. 37 ; 200 x 100 x 10 mm.

⇒ Elektroda E 6015 / E 51 22 RR6 (DIN 1913) ; ∅ 3,25 mm.

⇒ Elektroda E 7018 / E 51 32 B (R) (DIN 1913) ; ∅ 3,25 mm.

Petunjuk :

Posisi mengelas horizontal (h) ini menunjukkan bahwa kampuh las dikerjakan secara mendatar pada dinding yang tegak lurus.

Yang penting dalam pengelasan ini adalah urutan dari masing-masing tarikan alur lasnya.

Kampuh las dalam posisi horizontal ini tersusun dari tarikan-tarikan alur las yang tipis berimpitan satu sama lainnya.

Untuk itu dalam pengelasannya tidak dengan gerak ayunan, melainkan dengan gerak tarikan saja.

Instruksi :

1. Peserta dapat memahami tujuan pelajaran.
2. Menerangkan alat-alat.
3. Mendemontrasikan cara kerja.

8.3 Rangkuman

8.4 Tugas

Lakukan latihan pengelasan sambungan groove kampuh “V” posisi horizontal berulang ulang selama dua kali kegiatan belajar. Kemudian buat laporan potopolio dari tiap tahapan proses tersebut

8.5 Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat las sambungan groove “V” posisi 2G untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian



8.6 Lembar penilaian tes Formatif

Penilaian Pekerjaan — Sambungan / kampuh V (h)

Kriteria Penilaian																	Nilai
Keterangan: N = Nilai; B = Bobot; H = Hasil (B x N)																	
Paraf Petatar/Peserta																	
Nilai Akhir	ΣH	ΣB															
Jumlah Hasil	ΣH																
1 Teraturnya rigi-rigi lasan	B= 3	H															
		N															
2 Kebersihan hasil lasan	B= 2	H															
		N															
3 Bebas undercut	B= 4	H															
		N															
4 Sikap kerja	B= 1	H															
		N															
5	B=	H															
		N															
6	B=	H															
		N															
7	B=	H															
		N															
8	B=	H															
		N															
9	B=	H															
		N															
10	B=	H															
		N															
Kriteria Penilaian / Nama Petatar/Peserta																	



8.7 Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . sambungan *groove* kampuh "V" posisi horisontal

Nama peserta :

Kelas :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………

Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya……………………………………………………….……
2. …………………………………………………………………….....
3. ……………………………………………………………………….
4. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. ………………………………………………………………………….
3. ………………………………………………………………………….
4. ………………………………………………………………………….
5. ………………………………………………………………………….
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)……………..
2. ……………………………………………………………………..….
3. ……………………………………………………………………….
4. ………………………………………………………………………….
5. ………………………………………………………………………….
6. dst



IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) ………………….
2. ……………………………………………………………………...
3. ……………………………………………………………………...
4. ……………………………………………………………………...
5. dst

V. Gambar Kerja

BAB III Penerapan

A. Attitude skills

B. Kognitif skills

C. Psikomotorik skills

D. Produk/benda kerja sesuai kriteria standar



Daftar Pustaka

Hercus PF, 1980, Text book of turning, F.W. Hercus PTY. Limited, Thebarton South Australia.

Lascoe N P, 1973, Machine shop operation and setup. American Technical Publisher, Inc. Ilionis.

PMS, 1978, Teknik Bengkel 2. PMS Bandung Taufiq Rochim, Proses Pemesinan. HEDSP, Bandung

Anni Faridah, dkk. *Teknik Pembentukan Pelat-jilid 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan,-Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah-Departemen Pendidikan Nasional, 2008.

Cristian Guilino, Fachkunde *Bauschlosser-Stahlbauer-Schmelzschweisser*. Verlag Handwerk und Technik GmbH, Hamburg, 1986.

.............., *Prakticher Lehrgang Spengler fuer Einfuehrungskurse und Betriebe*, SSIV (Schweizerischer Spengler – und Installateur – Veband, Zuerich, 1984.

.............., *Werkststtlehrgang fuer Spengler*, SSIV (Schweizerischer Spengler – und Installateur – Veband, Zuerich, 1973.

DIPI. Ing. Eddy D. Harjapamekas, Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam,. Angkasa Bandung.

Europa Lehrmittel, Fachkunde Metall, Nourmy, Vollmer GmbH & Co.

Hajime Shudo, Material Testing (Zairyou Shiken).. Uchidarokakuho, 1983.

Rizal Sani, *Las Busur Manual 1,* PPPG Teknologi Bandung, 1997

Ramli Soehatman, Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja, Dian Rakyat, Jakarta, 2010.

Strength of Materials. William Nash. Schaum's Outlines, 1998.

The Lincoln Electric Company, *The Procedure Handbook of Arc Welding,* The Lincoln Electric Company, 1973

William D. Callister Jr., Material Science and Engineering: An Introduction. John Wiley&Sons, 2004.